

*TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI*  
*FAKULTA TEXTILNÍ*

# ***BAKALÁŘSKÁ PRÁCE***

**Liberec 2008**

**Jakub Najman**

***TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI***

*Fakulta textilní*

*Mechanická textilní technologie*

***BAKALÁŘSKÁ PRÁCE***

***Třecí vlastnosti tkanin***

*Frictional Properties of Woven Fabrics*

Jakub Najman

Vedoucí práce: Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

Liberec

2007/2008

## ANOTACE

<b>Jméno autora:</b>	Jakub Najman
<b>Název BP:</b>	Třecí vlastnosti tkanin
<b>Školní rok:</b>	2007/2008
<b>Ústav:</b>	Fakulta textilní Obor Mechanická textilní technologie
<b>Vedoucí BP:</b>	Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.
<b>Zadání BP:</b>	Třecí vlastnosti tkanin
<b>Klíčová slova:</b>	Třecí síla – frictional force Koeficient tření – friction coefficient Normálové napětí – referential load Třecí odpor – frictional resistance
<b>Anotace:</b>	Vypracování grafů, získaných z hodnot naměřených na přístroji INSTRON 4411. Vyhodnocení významu tření plošných textilií při jejich dalším zpracování a používání. Zaměření na vliv použité vazby, dostavy útku a normálového napětí na třecí odpor.

Prohlášení:

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou bakalářskou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci dne 28.12.2007

---

Jakub Najman

Poděkování:

Rád bych poděkoval Prof. Ing. Radko Kováři, CSc za pomoc při psaní mé bakalářské práce a při měření na přístroji Instron 4411. Také panu Ing. Aleši Cvrkalovi za pomoc při tvorbě zkoušených vzorků na tkacím stavu a paní Doc. Ing. Elišce Chrpové za cenné rady a poskytnutí materiálů.

V Liberci dne 28.12.2007

---

Jakub Najman

## Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá studií změny třecí síly vlivem změny vazby, dostavy útku zkoušené tkaniny a změny normálového zatížení.

V první části Vás seznámím s definicí a několika variantami tření. Popíši význam tření v textilním průmyslu. Dále popíši přípravu zkoušených vzorků a stroje, které byly užívány k přípravě a zkoušení vzorků tkanin. Parametry vzorků a postup při experimentu. Seznámím vás s výsledky měření, s grafy naměřených hodnot a pokusím se vyřešit jeden problém s kterým jsem se setkal při zkoušení vzorků.

## Anotation

This bachelor work is concerned with studies of changes frictional force with changes structure, pickage and changes referential force.

In the first part of work, you can get acquainted with the definition and some kind of friction. I describe relevance of friction in textile industry. And then I relevance of preparation of sample and textile machines, which was used for preparation and testing samples of fabric. With characteristics of samples and procedure of testing. I acquaint you with results of testing, with diagrams and I will try solve problem, which I found when I was testing samples.

## Obsah

1. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A TERMINOLOGIE .....	10
2. ÚVOD .....	11
3. DEFINICE TŘENÍ.....	12
3.1 Základní složky tření .....	13
4. DRUHY TŘECÍCH SIL .....	14
4.1 Smykové tření.....	14
Součinitel smykového tření .....	15
4.2 Klidové tření .....	15
Součinitel klidového tření.....	15
4.3 Valivý odpor.....	16
Ramen valivého odporu.....	16
4.4 Vnitřní tření .....	16
4.5 Tečné a normálové napětí.....	17
5. TŘENÍ V TEXTILNÍM PRŮMYSLU .....	18
6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	19
6.1 Použitý materiál a parametry vzorků .....	20
6.2 Příprava vzorků.....	21
6.3 Postup měření.....	22
6.4 Popis přístroje Intron 4411 .....	23
6.5 Popis vzorovacího tkacího stroje SL7900 firmy CCI .....	25
7. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A GRAFY NAMĚŘENÝCH HODNOT .	27

<b>7.1 Plátno 2x2 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>28</b>	
7.1.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 10 nití/cm .....	29
<b>7.2 Plátno 2x2 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>30</b>	
7.2.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 13 nití/cm .....	31
<b>7.3 Plátno 2x2 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>32</b>	
7.3.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 16 nití/cm .....	33
<b>7.4 Plátno 5x5 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>34</b>	
7.4.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 10 nití na cm. ....	35
<b>7.5 Plátno 5x5 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>36</b>	
7.5.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 13 nití/cm .....	37
<b>7.6 Plátno 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>38</b>	
7.6.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 16 nití/cm .....	39
<b>7.7 Plátno 10x10 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>.....</b>	<b>40</b>
7.7.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 10x10, P Dú 10 nití/cm .....	41
<b>7.8 Plátno 10x10 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>.....</b>	<b>42</b>
7.8.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 10x10, P Dú 13 nití/cm .....	43
<b>7.9 Plátno 10x10 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>.....</b>	<b>44</b>
7.9.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 10x10, P Dú 16 nití/cm .....	45
<b>7.10 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy</b>	
<b>.....</b>	<b>46</b>
7.10.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 13 nití/cm .....	47



<b>7.11 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>48</b>
7.11.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 16 nití/cm .....	49
<b>7.12 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>50</b>
7.12.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 19 nití/cm .....	51
<b>7.13 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>52</b>
7.13.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R3 (-) Dú 16 nití/cm .....	53
<b>7.14 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>54</b>
7.14.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, R3 (-) Dú 19 nití/cm.....	55
<b>7.15 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 22 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>56</b>
7.15.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R3 (-) Dú 22 nití/cm .....	57
<b>7.16 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>58</b>
7.16.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 19 nití/cm .....	59
<b>7.17 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 22 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>60</b>
7.17.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 22 nití/cm .....	61
<b>7.18 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 25 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy .....</b>	<b>62</b>
7.18.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 25 nití/cm .....	63
<b>7.19 Pokus .....</b>	<b>64</b>
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>66</b>

## 1. Seznam použitých symbolů a terminologie

Název	Symbol	Jednotka
Síla	$F$	N
Třecí síla	$F_T$	N
Kolmá tlaková síla mezi tělesy	$F_N$	N
Součinitel smykového tření	$f$	
Rychlost	$v$	
Poloměr průřezu tělesa	$R$	
Rameno valivého odporu	$\xi$	m
Plocha	$S$	$m^2$
Úhel alfa	$\alpha$	$^\circ$
Napětí	$\sigma$	Pa
Součinitel klidového tření	$f_0$	

P	Plátňová vazba
R2 (-)	Dvouvazný ryps příčný
R3 (-)	Třívazný ryps příčný
R4 (-)	Čtyřvazný ryps příčný
Vzorek	Zkoušená tkanina s umělohmotnou destičkou

## 2. Úvod

Tření je fyzikální jev, který se vyskytuje při vzájemném působení dvou a více těles. Je to odpor proti působení pohybu tělesa. Tento fyzikální jev může být vítanou vlastností, ale i vlastností kterou se člověk snaží zmenšit či úplně odbourat.

Při tření dvou těles o sebe dochází k zahřívání, čehož využívali už pralidé před mnoha a mnoha lety, kdy třením dřevěných klacíků o dřevěnou podložku rozdělávali oheň, což byl veliký krok v dějinách země.

Při tření dochází také ke vzniku elektrostatického náboje a k opotřebovávání třených těles jako to je například u součástek v motoru a nebo v našem případě plošné textilie, zde je tření nežádoucím jevem, proto se zde snažíme tření zmenšit promazáváním třených součástí oleji či jinými mazivy nebo v textilním průmyslu výběrem vhodného materiálu k výrobě plošné textilie.

V textilu se tření projevuje několika jevy, soudržností vláken v přízích či jiných délkových či plošných útvarech, vznikem elektrostatického náboje nebo opotřebováním povrchu třeného materiálu, například vznikem žmolků a chlupatostí.

### 3. Definice tření

Tření je odpor proti pohybu jednoho tělesa po povrchu druhého tělesa.

Tření po fyzické stránce je mechanický odpor (síla) působící proti pohybu pevného tělesa, které je v dotyku s jiným pevným tělesem nebo s tekutinou; např. tření smykové (smyk pevných rovinných ploch), tření valivé (valení rotačního tělesa po rovinné podložce) a tření viskózní (pohyb pevného tělesa ve viskózním prostředí).

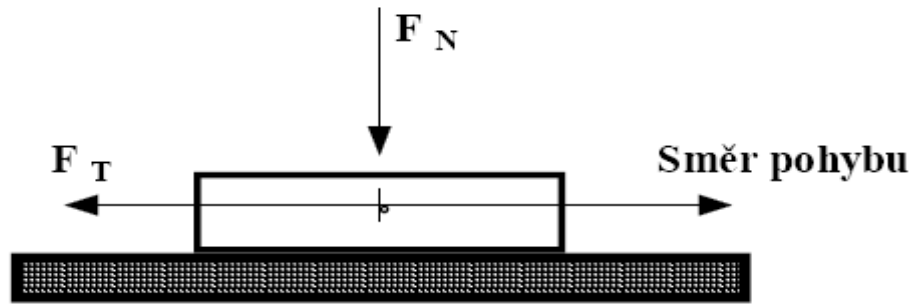
Po stránce technické je tření při bezprostředním dotyku tuhých těles označováno jako suché (tření bez maziva), tření kapalinné vzniká u funkčních ploch, které jsou dokonale odděleny souvislou vrstvou maziva nebo jiného média (tření na vzduchovém polštáři ap.). Přejídnou oblastí mezi třením suchým a třením kapalinným je tření polosuché (polokapalinné), kdy z vrstvy maziva vystupují vrcholy nerovností povrchu.

Oproti pojmu tření je rozlišován pojem opotřebení, které je definováno jako progresivní ztráta materiálu při pohybu jednoho tělesa po druhém. Při žádoucím opotřebení hovoříme o obrábění.

Prostředkem ke snížení třecího odporu je lubrikace, která jednak snižuje koeficient tření a snižuje opotřebení vlivem mazadel (lubrikantů). Lubrikanty mohou zajišťovat tzv. kapalinné tření.

$$F_T = f * F_N \Rightarrow f = \frac{F_T}{F_N} \quad [1]$$

$$0 < f < 1$$



kde  $f$  - je koeficient tření, tj. konstanta pro dané povrchy těles

Ze základního vztahu vyplývá, že třecí síla  $F_T$  nezávisí na zdánlivé ploše kontaktů .

Koeficient tření  $f$  je počítán v okamžiku, kdy se tělesa dají do vzájemného relativního pohybu. Jedná se tedy o statický koeficient tření.

Tato teorie vyhovuje zejména teorii suchého klouzání. U polymerů (vláken) má teorie suchého klouzání svá omezení.

### 3.1 Základní složky tření

1. Tření vzniká mezi tělesy ve vzájemném kontaktu vlivem mezimolekulárně – mechanických interakcí
2. Tření ovlivňují faktory, jako povrch a materiál
3. Mechanická složka tření se projevuje deformací povrchových nerovností
4. Při deformaci tuhým povrchem se projevuje tvorba rýh

[6]

## 4. Druhy třecích sil

### 4.1 Smykové tření

Smykové tření (vlečné tření, kinematické tření) je tření, které vzniká mezi tělesy při jejich posuvném pohybu.

Třecí síla  $F_t$  při smykovém tření má velikost:

$$F_t = f F_n$$

kde  $f$  je součinitel smykového tření,  $F_n$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa)

Smykové tření je pro poměrně velký rozsah rychlostí téměř konstantní. Avšak při uvádění tělesa do pohybu (za jinak stejných podmínek) je tření větší než u tělesa pohybujícího se. Rozlišuje se proto smykové tření klidové (statické) a za pohybu (kinematické). Stejným způsobem rozlišujeme také součinitele tření na statický  $\mu_0$  a kinematický  $\mu$ . Pro malé rychlosti lze závislost smykového tření na rychlosti zcela zanedbat a v takovém případě hovoříme o tzv. suchém (Coulombově) tření.

Velikost smykového tření za pohybu pro dva dané povrchy je obvykle (není to pravidlem) menší než velikost smykového tření v klidu pro stejné dva povrchy, tzn.  $\mu < \mu_0$ .

Závislost součinitele smykového tření na rychlosti se projevuje tím, že pokud se začne těleso pohybovat po nakloněné rovině, je zrychlení větší než bychom očekávali pro daný součinitel tření za klidu  $\mu_0$ , neboť uvedením tělesa do pohybu došlo ke snížení hodnoty součinitele tření.

Velikost smykového tření nezávisí na velikosti plochy styku obou těles a je úměrná velikosti normálové síly, přičemž koeficient úměrnosti (tedy součinitel smykového tření) na této normálové síle nezávisí. Toto tvrzení se označuje jako Amontonsův zákon.

## Součinitel smykového tření

Součinitel smykového tření je fyzikální veličina, která udává poměr třecí síly a kolmé tlakové síly mezi tělesy při smykovém tření.

Hodnoty součinitele smykového tření závisí na konkrétní dvojici látek na povrchu a drsnosti těles, mezi nimiž smykové tření probíhá. Je obvykle menší, než součinitel klidového tření.

## 4.2 Klidové tření

Klidové tření (statické tření) je tření, vznikající mezi tělesy, která se vzhledem k sobě nepohybují - jsou v klidu. Jedná se o speciální případ smykového tření.

Klidová třecí síla  $F_t$  má velikost:

$$F_t = f_0 F_n$$

kde  $f_0$  je součinitel klidového tření,  $F_n$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa)

Klidové tření bývá větší než smykové tření mezi stejnými tělesy.

### Součinitel klidového tření

Součinitel klidového tření je fyzikální veličina, která udává poměr třecí síly a kolmé tlakové síly mezi tělesy při klidovém tření.

Hodnoty součinitele klidového tření závisí na konkrétní dvojici látek na povrchu těles, mezi kterými je klidové tření.

Součinitel klidového tření bývá větší než součinitel smykového tření pro stejná tělesa.

### 4.3 Valivý odpor

Valivý odpor (valivé tření) je druh tření, které vzniká mezi tělesem kruhového průřezu při jeho valivém pohybu a podložkou.

Velikost valivého odporu  $F_t$  má velikost:

$$F_t = \xi \frac{F_n}{R},$$

kde  $\xi$  (ksí) je rameno valivého odporu,  $F_n$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa),  $R$  je poloměr průřezu tělesa

Valivý odpor je pro stejnou přitlačnou sílu  $F_n$  výrazně menší než smykové tření.

Rameno valivého odporu

Rameno valivého odporu (součinitel valivého tření) je fyzikální veličina, která udává poměr velikosti valivého odporu a kolmé tlakové síly mezi tělesy (podložkou a kolem) při jednotkovém poloměru kola.

Hodnoty ramena valivého odporu závisí na konkrétní dvojici látek těles, mezi kterými je valivý odpor.

### 4.4 Vnitřní tření

Mezi jednotlivými částmi tělesa může docházet (a u reálných těles také dochází) ke tření. Toto tření, ke kterémuž dochází uvnitř látky, se označuje jako vnitřní. Vnitřní tření se projevuje např. při proudění reálných kapalin.

Fyzikální veličina charakterizující vnitřní tření se nazývá viskozita.



## 4.5 Tečné a normálové napětí

Působí-li síla kolmo na plochu  $S$ , jedná se o tahové (tlakové) působení, a takové napětí se nazývá normálové napětí. Pokud síla  $F$  působí ve směru tečny k ploše  $S$ , jde o působení smykové, a napětí se nazývá tečné, tangenciální nebo smykové. Síly odpovídající za dané napětí jsou nazývány stejným způsobem (normálová síla, smyková síla apod.).

V obecném případě může síla  $F$  [N] s plochou  $S$  [m<sup>2</sup>] svírat libovolný úhel  $\alpha$ , což znamená, že napětí  $\sigma$  je vektorová veličina. Takovou sílu můžeme např. rozložit na dvě složky, normálovou (tedy kolmou na plochu  $S$ ) složku  $F_n = F \cos \alpha$  a na tečnou (rovnoběžnou s plochou  $S$ ) složku  $F_t = F \sin \alpha$ .

Pro normálové napětí pak platí

$$\sigma_n = \frac{F_n}{S} = \frac{F}{S} \cos \alpha$$

a pro tečné napětí

$$\sigma_t = \frac{F_t}{S} = \frac{F}{S} \sin \alpha$$

Pro určení napětí není důležitá plocha, ale její orientace. Napětí na různě orientovaných plochách procházejících daným bodem nabývá v obecném případě různých hodnot. Např. pokud na určité ploše  $p_1$  je (v určitém bodě) hodnota normálového napětí  $\sigma$ , pak vzhledem k ploše  $p_2$  procházející stejným bodem, která je však k ploše  $p_1$  kolmá, je napětí  $\sigma$  napětím smykovým.

[7], [8], [9]

## 5. Tření v textilním průmyslu

V textilním průmyslu má tření své opodstatnění. Velikou roli hraje u délkových textilií při technologickém zpracování přízí a následném vytváření plošných textilií. U délkových a plošných textilií je důležitou charakteristikou součinitel tření.

Tření a jeho vlastnosti jsou velice důležité, při průmyslové i konfekční výrobě oděvů, textilních produktů nebo jen plošných či délkových textilií. Při častém tření může dojít k porušení nebo vytažení vláken a tvoření žmolků či zvrásnění na povrchu textilie.

Tření se v textilním průmyslu projevuje dvěma formami, kladnou a zápornou. Za kladnou formu můžeme považovat například soudržnost vláken v přízích či jiných textilních útvarech a soudržnost nití v plošných textiliích. Nebo za zápornou formu můžeme považovat odírání osnovních nití v očkách brda tkacího stroje či jiných kontaktních místech nebo opotřebovávání součástí textilních strojů.

Při nákupu textilie nejvíce spotřebitelé zajímá její materiálové složení a vlastnosti. Když jsou materiály nevhodně zkombinované, může docházet k nabíjení statické energie, nebo k opotřebování a následnému proděravění plošné textilie.

Vysoké tření mezi tkaninami však může být někdy i požadováno. Kde je vhodné zabránit klouzání, např. mezi oděvem a jiným textilním produktem (potahy sedaček v automobilu, křesel a dalších). Nebo tam kde musíme zabránit vyklouznutí. Například spodní část horní části oděvu by měla mít větší součinitel tření, než vnitřní strana horní části spodního oděvu. Vysoké tření je důležité také v oděvním průmyslu např. u šití. Nemělo by docházet ke skluzu mezi dvěma materiály. Pokud už k tomuto použití musí dojít např. při našívání velice kluzké a hladké podšívky na vrchní materiál, je vhodné se tomu přizpůsobit. Jinak by došlo k nežádoucímu vzhledu hotového výrobku

Nízké tření je požadováno kvůli menšímu opotřebování (podšívky bund) nebo kvůli snadnějšímu oblékání (ponožky a punčochy), oproti tomu vysoké tření snižuje tendenci punčoch pouštět oka.

[1], [2], [3], [4], [5]

## 6. Experimentální část

Podstatu plošných textilií tvoří nitě a ty díky vazbě vytvářejí určitý vzhled, strukturu a další vlastnosti výsledné tkaniny nebo jiné plošné textilie.

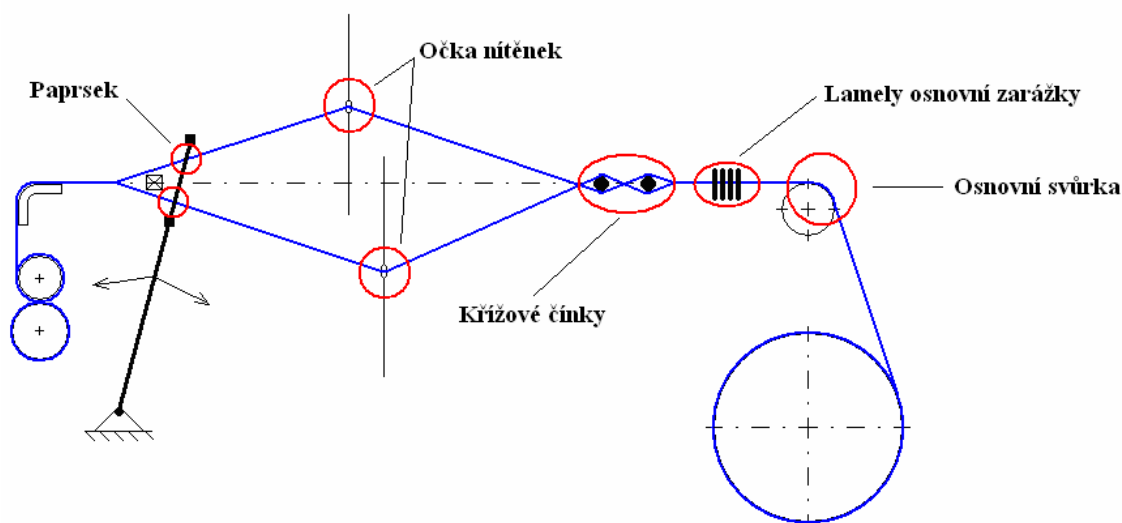
Plošné textilie jsou tvořeny ze dvou soustav nití, vyjímaje triaxiální tkaniny, je to útek a osnova. Při výrobě jsou obě soustavy nití namáhány. Osnovní nitě jsou namáhány mnohem víc než nitě útkové, je to proto, že jsou na stroji vedeny přes mnoho částí jako je osnovní svůrka, lamely osnovní zarážky, křížové činky, očka nítěnek brda tkacího stroje a paprsku přírazného zařízení. Oproti útku, který je zanášen rovnou do prošlupu. Na obrázku jsou červeným kruhem vyznačena místa kde je osnova na tření nejvíce namáhána a kde jsou kontaktní místa. Místa kde se tře osnova sama o sebe jsem nevyznačoval.

Tření textilií se projevuje nejen při výrobě ale i při zpracování a nošení plošných textilií, a proto každá textilie musí být vyrobena z takového materiálu a v takových parametrech jaké jsou pro dané odvětví požadované.

Z tohoto důvodu se tření textilií poslední dobou stává častým tématem pro textilní výzkum.

Já jsem se ve své práci zaměřil na vliv vazby, dostavy útku a vliv normálového zatížení na třecí sílu.

**Obr. 1 Schéma tkacího stavu**



## 6.1 Použitý materiál a parametry vzorků

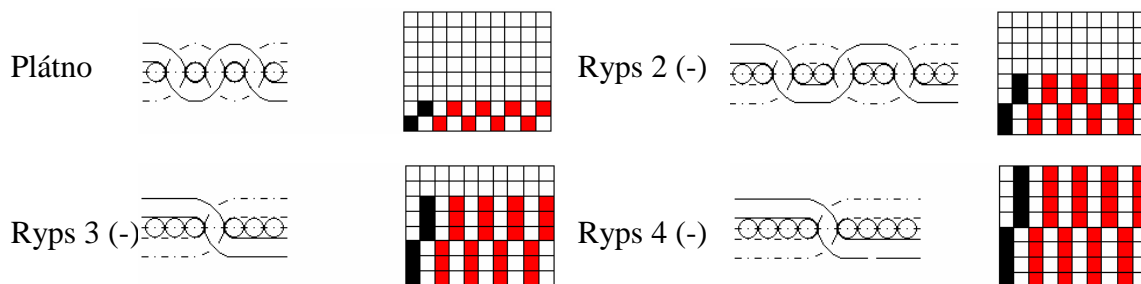
Pro experimentální studii bylo použito 12 vzorků ze stejného materiálu s různými parametry.

Tkaniny byly utkány z příze ze 100% bavlny o jemnosti 2x29,5 tex. Vzorky o velikosti 2x2 , 5x5 a 10x10 cm byly třeny v jenom směru a to ve směru osnovy, z lící strany.

Podkladové tkaniny o velikosti 25x25 cm, byly ze stejného materiálu a měly stejné parametry jako zkoušený vzorek. Přesné parametry vzorku jsem uvedl v tabulce.

### Parametry měřených vzorků

Vazba	Dů nití/cm	Dů nití/cm	Hmotnost vzorku 2x2 (g)	Hmotnost vzorku 5x5 (g)	Hmotnost vzorku 10x10 (g)
Plátno	10	13	0,8	4,628	19,465
Plátno	13	13	0,832	4,752	19,93
Plátno	16	13	0,869	4,822	20,249
Ryps 2 (-)	13	13	-	4,735	-
Ryps 2 (-)	16	13	-	4,808	-
Ryps 2 (-)	19	13	-	4,954	-
Ryps 3 (-)	16	13	-	4,863	-
Ryps 3 (-)	19	13	-	4,928	-
Ryps 3 (-)	22	13	-	5,019	-
Ryps 4 (-)	19	13	-	4,942	-
Ryps 4 (-)	22	13	-	5,092	-
Ryps 4 (-)	25	13	-	5,131	-

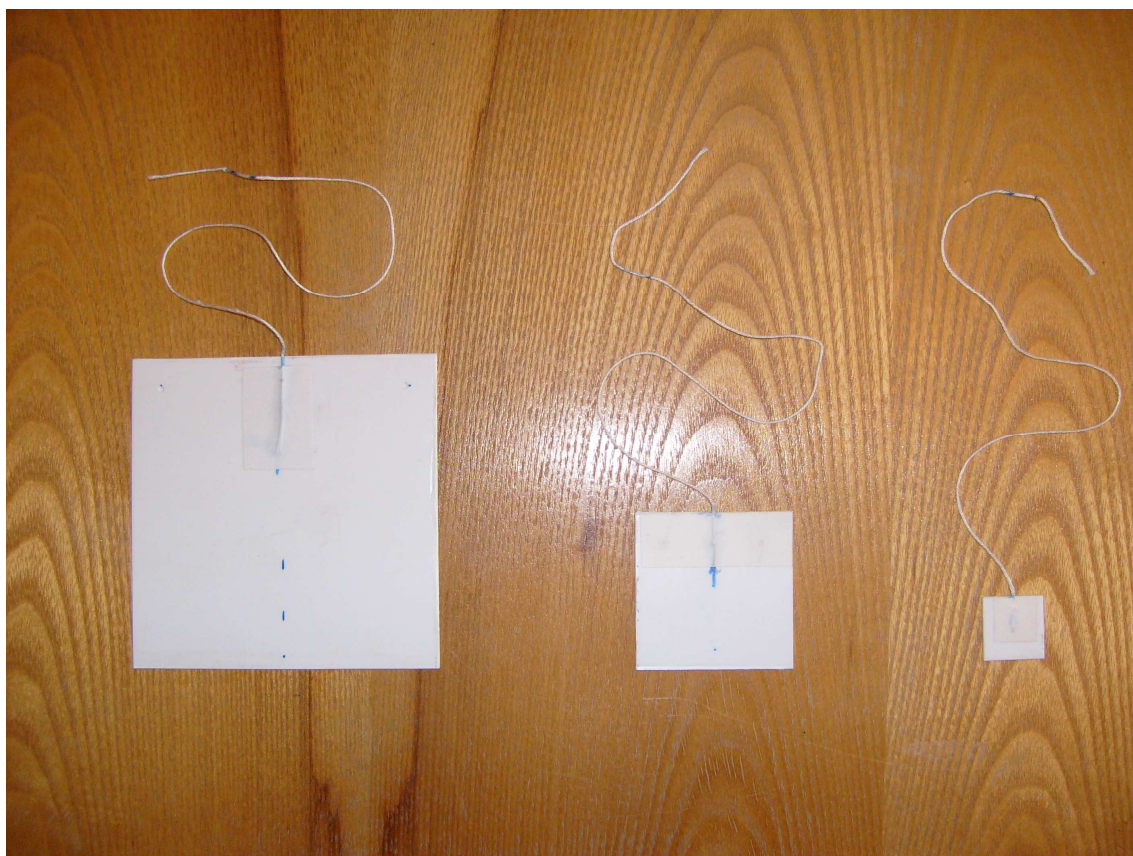


## 6.2 Příprava vzorků

Abychom mohli provádět třecí zkoušky na přístroji Instron 4411, je třeba si nejprve připravit vzorky o předepsaných velikostech, v mém případě je to 2x2, 5x5 a 10x10 cm.

Tkaniny na kterých jsem prováděl třecí zkoušky, jsem si nejprve utkal na jehlovém vzorovacím tkacím stroji SL7900 od společnosti CCI. Od každé tkaniny bylo utkáno cca 50x50 cm. Z každé tkaniny jsem si poté nastříhal vzorky o velikosti 2x4, 5x10 a 10x20 cm, které jsem později našíval na čtvercové umělohmotné destičky o velikosti 2x2, 5x5, 10x10 cm a tloušťce 1,5 mm, které jsem si nechal ustříhnout na hydraulických nůžkách. K umělohmotným destičkám byli přilepeny tažné nitě za které byl vzorek při zkoušce tažen jak je to vyobrazeno na obrázku.

**Obr. 2 Umělohmotné destičky**

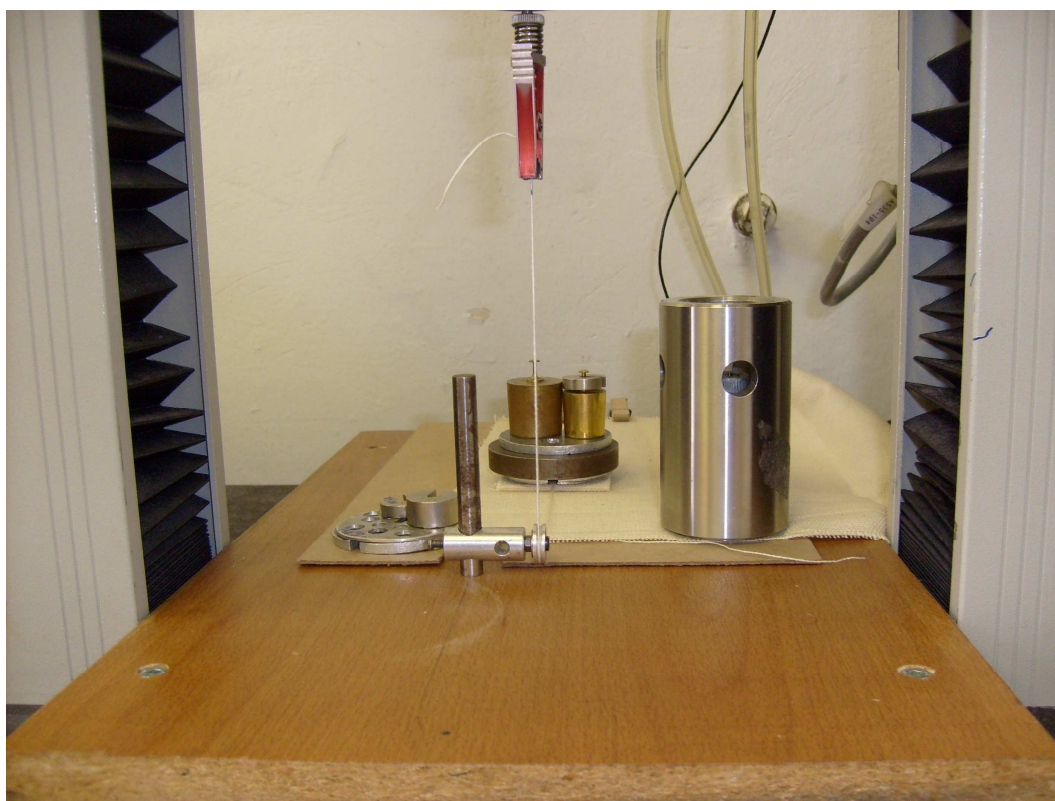


### 6.3 Postup měření

Pro měření třecí síly jsem použil přístroj INSTRON 4411 s použitím programu „cyclic“ na kterém jsem pomocí přípravku, který mění pohyb vzhůru na pohyb posuvný, prováděl měření. Dráha, po které byl vzorek třen byla dlouhá 10 cm. Snímací hlava měla rozsah 5N, tažná nit byla dlouhá cca 22cm, uložení kladky bylo pevné (kladka byla připevněna k dřevěné desce), rychlost byla  $1\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (60 mm/min).

Byly zkoušeny vzorky o velikosti 2x2 cm, 5x5 cm a 10x10 cm (vzorky velikosti 2x2 a 10x10 byly zkoušeny pouze u plátňové vazby). Třecí zkouška probíhala tímto způsobem, nejprve byl zkoušen samotný vzorek a poté byla přidávána zátěž. U vzorku 2x2 bylo přidáno 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 199,4, 399,7g (to odpovídá zatížení 4,91; 9,81; 19,62; 49,05; 98,1; 196,2; 490,5; 981; 1956,11; 3921,06mN). U vzorku 5x5 bylo přidáno 5,41, 15,395, 45,625, 95,625, 195,625, 394,485g (to odpovídá zatížení 49,54; 147,41; 443,96; 934,46; 1915,46; 3876,09mN) a vzorku 10x10 bylo přidáno 9,985, 40,215, 90,215, 190,215, 389,075g (to odpovídá zatížení 97,95; 394,51; 885,01; 1866,01; 3826,64mN).

**Obr. 3 Třecí zkouška**





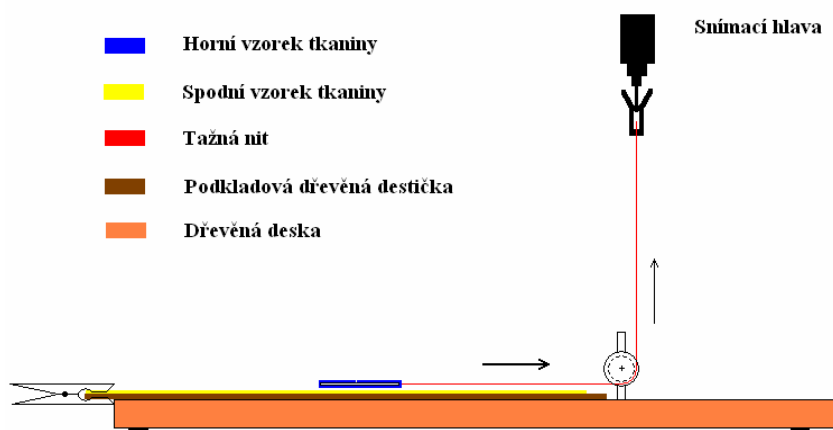
## 6.4 Popis přístroje Instron 4411

Instron 4411 je přístroj určen k zjišťování mechanických vlastností délkových a plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tlakem, tahem a ohybem. Přístroj je napojen na počítač kam se díky programu „ciclik“ ukládají naměřené hodnoty. Poslední dobou je tento přístroj často využíván k měření třecí síly. Tření je možno měřit díky přípravku, který tuto třecí zkoušku umožňuje na tomto stroji provést. Schéma přípravku je vyobrazeno na obrázku.

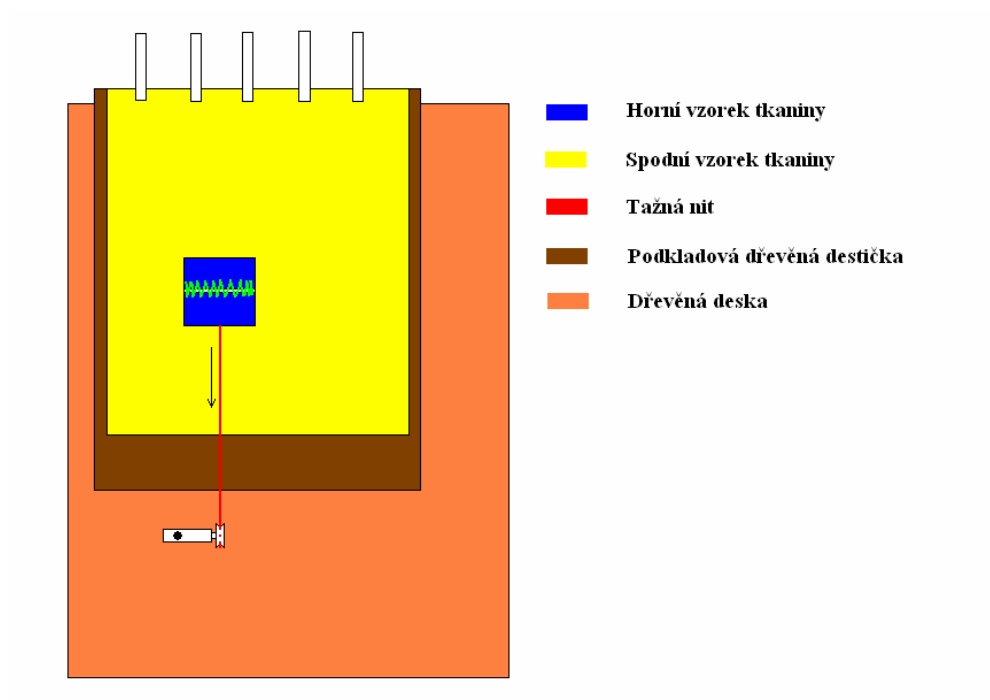
**Obr. 4 Instron 4411**



**Obr. 5 Schéma přípravku pro měření třecí síly (pohled z boku)**



**Obr. 6 Schéma přípravku pro měření třecí síly (pohled ze shora)**





## 6.5 Popis vzorovacího tkacího stroje SL7900 firmy CCI

Stroj je automatický, je řízen počítačem a většina procesů jako je pohyb listů, jehly zanášecího ústrojí, osnovní svůrky, nůžek pro stříhání útkových nití a paprsku přírazného ústrojí je poháněn vzduchem. Tkací stroj je vybaven 20ti listy, proto je na něm možné tkát i tkaniny složitějších vazeb. Tento stroj je určen k vzorování.

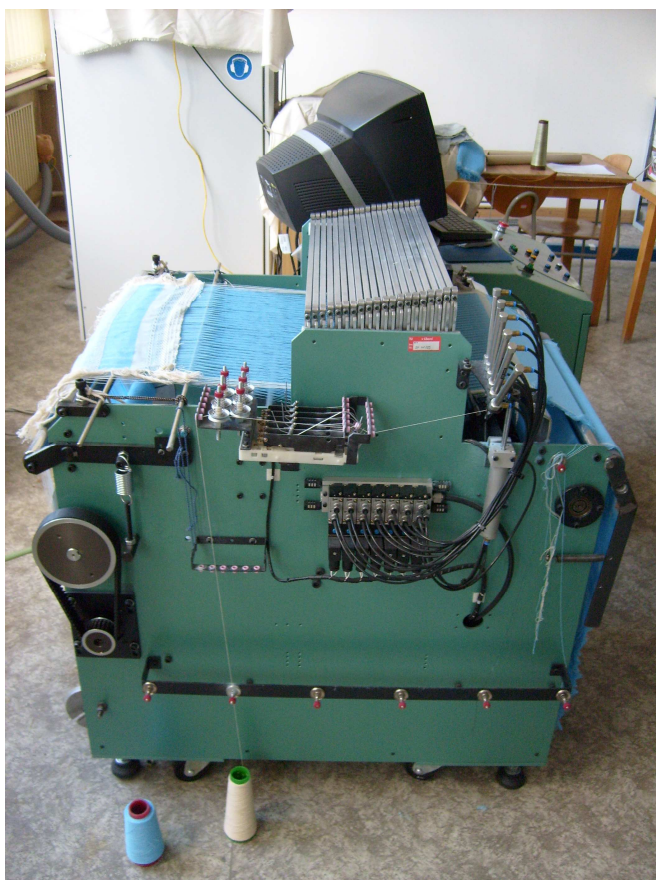
### Technické parametry stroje

Paprsková šíře	cca 56 cm (22“)
Rychlost tkaní	30 ot./min (měření se podle podmínek během tkaní)
Útková záměna	6-i barevná elektronická útková záměna
Odtah tkaniny	elektronicky kontrolován, dostava útku je řízena počítačem; nejednou je možné definovat 8 různých hustot (dostav útku)
Prošlup	20 listů (18 listů pro vzor, 2 listy pro kraje), jsou řízeny a kontrolovány počítačem
Vazba v krajích	perlinková (tvoří se pomocí perlinkových nítěnek)
Zanášení útku	jednou jehlou, která je ovládána pneumaticky
Zarážky	osnovní, útková zarážka (stroj zastaví v případě přetrhu osnovní, resp. útkové nitě)
Spotřeba vzduchu	580 l/min, tlak vzduchu 6 Kgf/cm <sup>2</sup> nebo více
Zdroj el. energie	220V (single Phase), 50-60 Hz
Kontroler	PC – Windows XP

**Obr. 7 Vzorovací tkací stroj SL7900 (pohled zepředu)**



**Obr. 8 Vzorovací tkací stroj SL7900 (z boku)**



## 7. Výsledky měření a grafy naměřených hodnot

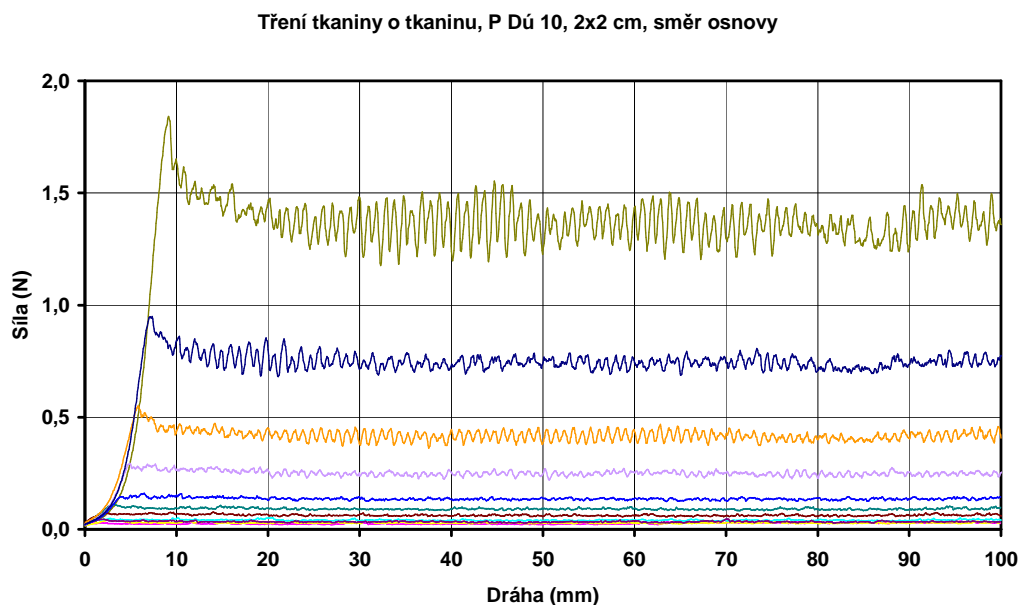
Na začátek této kapitoly si dovoluji vás seznámit se seznamem provedených měření a parametry zkoušených vzorků.

**Tabulka provedených měření a parametrů zkoušených vzorků**

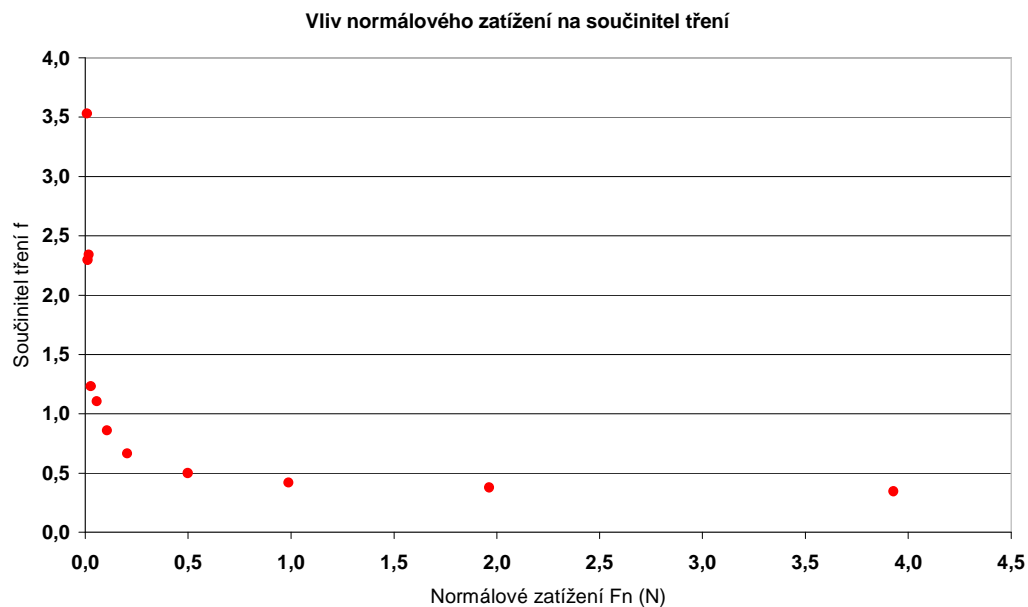
Vazba	Dů nití/cm	Do nití/cm	Velikost vorku cm	Směr pohybu	Zkoušená strana tkaniny
Plátno	10	13	2x2	po osnově	lícni
Plátno	13	13	2x2	po osnově	lícni
Plátno	16	13	2x2	po osnově	lícni
Plátno	10	13	5x5	po osnově	lícni
Plátno	13	13	5x5	po osnově	lícni
Plátno	10	13	5x5	po osnově	lícni
Plátno	13	13	10x10	po osnově	lícni
Plátno	16	13	10x10	po osnově	lícni
Plátno	16	13	10x10	po osnově	lícni
Ryps 2 (-)	13	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 2 (-)	16	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 2 (-)	19	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 3 (-)	16	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 3 (-)	19	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 3 (-)	22	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 4 (-)	19	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 4 (-)	22	13	5x5	po osnově	lícni
Ryps 4 (-)	25	13	5x5	po osnově	lícni

### 7.1 Plátno 2x2 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Mezi první skupinu grafů, byly zařazeny grafy tření vzorku 2x2, plátnové vazby a dostavy útku 10 nití/cm.



Graf 1 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 10, 2x2 cm, směr osnovy



Graf 2 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 10, 2x2 cm, směr osnovy

Graf 1 zobrazuje křivku třecího odporu. Na grafu můžeme sledovat kolísání třecí síly vlivem vazby a dostavy útku. Je vidět pravidelné kolísání třecí síly, toto je zapříčiněno pravidelnou strukturou povrchu zkoušeného vzorku. Nejlépe je to zřetelné na křivkách při větším normálovém zatížení. Zde jsou rozdíly hodnot při kolísání velice dobře vidět. Tvar křivky znázorňuje povrch zkoušeného vzorku. Když si zpětně spočítáme počet vln na úseku jednoho centimetru, vyjde nám dostava útku na jeden centimetr.

Graf 2 zobrazuje vliv normálového zatížení na součinitel tření. Na tomto grafu můžete sledovat jak se bude měnit součinitel tření změnou normálového zatížení. Čím větší bude normálová síla  $F_n$ , tím menší bude součinitel třecí síly  $f$ .

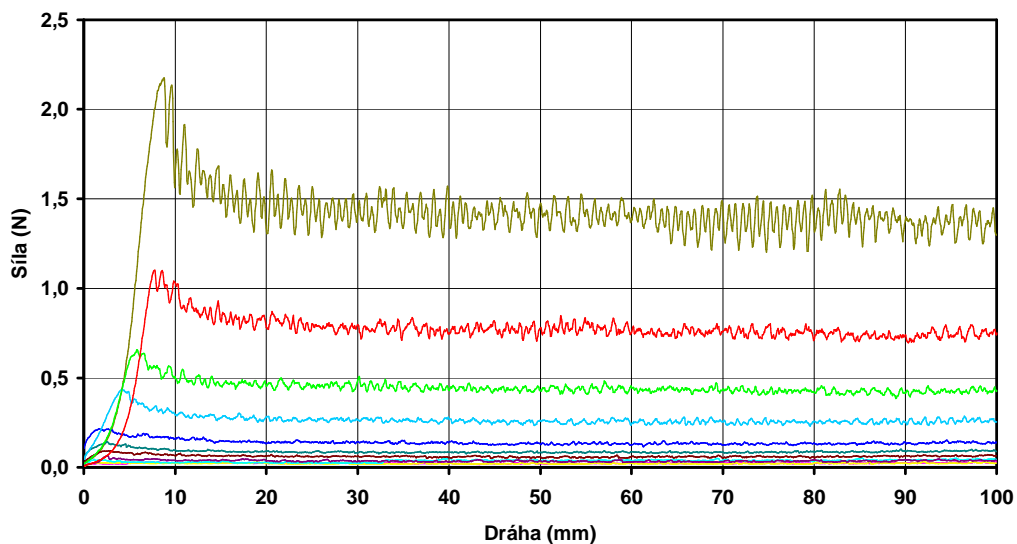
#### 7.1.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 10 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,027703	0,003497	12,62	0,007848	3,529927
2	0,029298	0,002182	7,45	0,012753	2,297367
3	0,041319	0,002322	5,62	0,017658	2,339976
4	0,033827	0,002293	6,78	0,027468	1,231509
5	0,062872	0,003072	4,89	0,056898	1,104993
6	0,090912	0,003561	3,92	0,105948	0,858077
7	0,135407	0,004064	3,00	0,204048	0,663605
8	0,248445	0,009011	3,63	0,498348	0,498536
9	0,415273	0,019369	4,66	0,988848	0,419956
10	0,741575	0,022202	2,99	1,963962	0,377591
11	1,359692	0,072277	5,32	3,928905	0,346074

## 7.2 Plátno 2x2 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

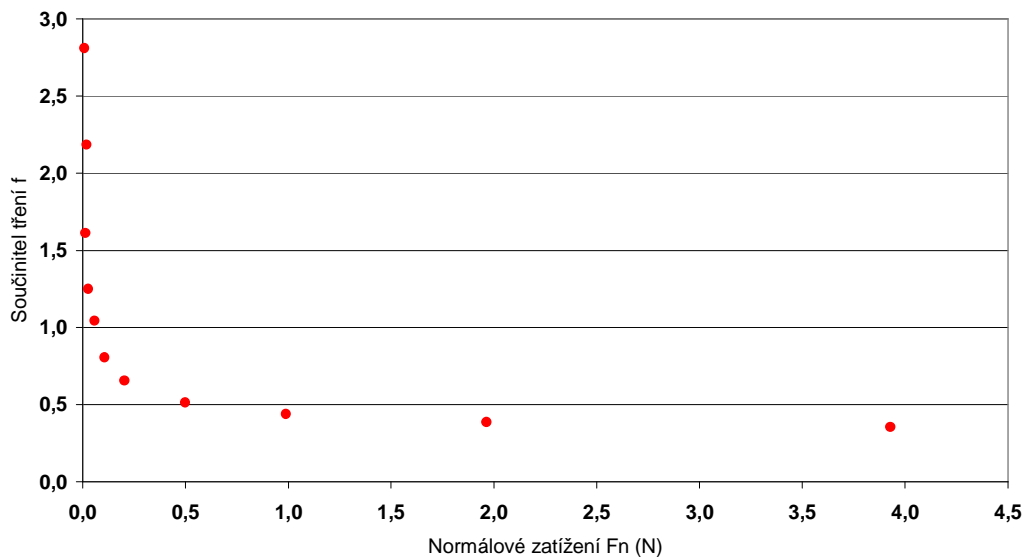
Dalším měřeným vzorkem byl vzorek 2x2 cm, plátnové vazby, dostavy útku 13 nití/cm.

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 2x2 cm, směr osnovy



Graf 3 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 2x2 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 4 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 13, 2x2 cm, směr osnovy

Na grafu 3 můžeme sledovat křivku třecího odporu a její kolísání, které je závislé na struktuře třeného vzorku a tkaniny po které je vzorek posouván. Na tomto grafu vidíme podobný vývoj křivky třecí síly jako u předešlého vzorku. Je zde také vidět pravidelné kolísání třecí síly, které je zapříčiněno pravidelnou strukturou povrchu zkoušeného vzorku. Při detailním pohledu je také vidět stejný počet vln jako je počet útkových nítí na jeden centimetr zkoušeného vzorku. Tvar křivky opět znázorňuje povrch měřeného vzorku.

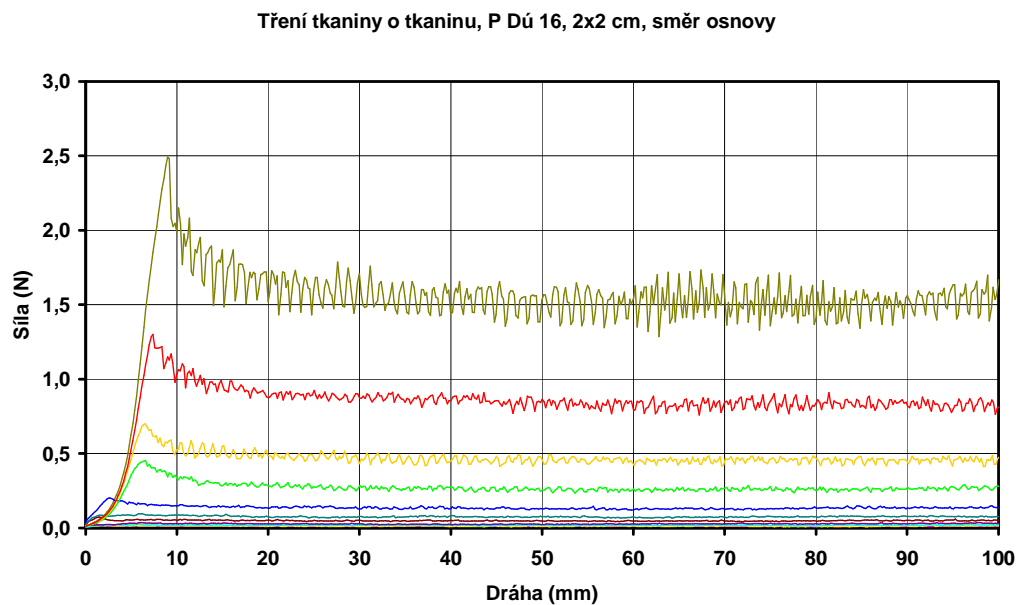
Graf 4 zobrazuje vliv normálového zatížení na součinitel tření. Je to stejné jako u předešlého vzorku. Čím větší bude normálová síla  $F_n$ , tím menší bude součinitel třecí síly  $f$ .

#### 7.2.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 13 nítí/cm

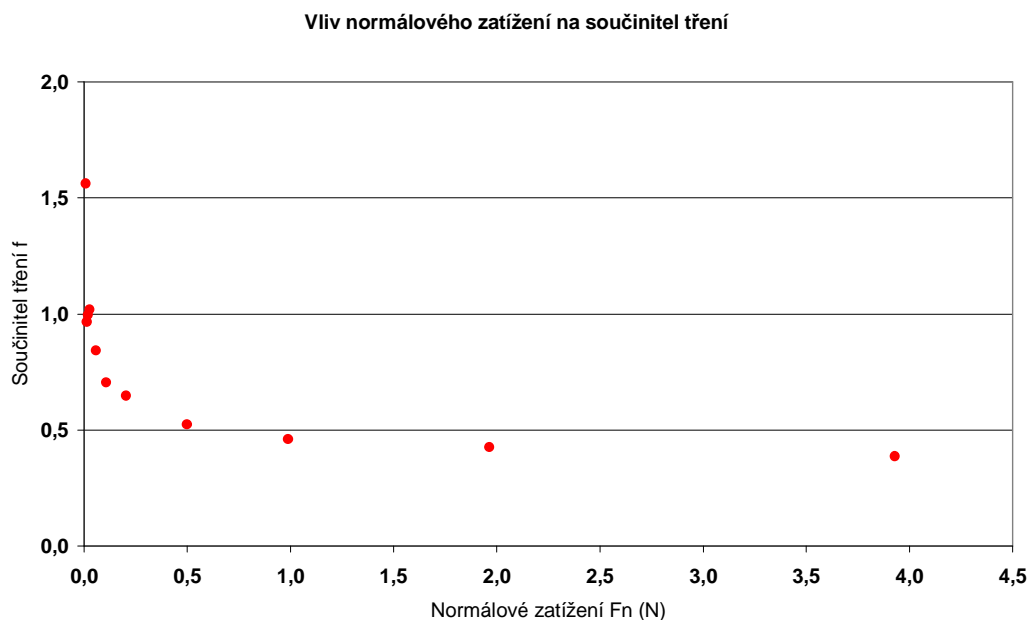
	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,022924	0,002327	10,15	0,008162	2,808709
2	0,021061	0,002670	12,68	0,013067	1,611783
3	0,039252	0,004373	11,14	0,017972	2,184052
4	0,034703	0,003019	8,70	0,027782	1,249115
5	0,059706	0,003636	6,09	0,057212	1,043596
6	0,085581	0,004238	4,95	0,106262	0,805379
7	0,134024	0,005429	4,05	0,204362	0,655818
8	0,256660	0,010095	3,93	0,498662	0,514697
9	0,433922	0,015969	3,68	0,989162	0,438676
10	0,758998	0,026392	3,48	1,964276	0,386401
11	1,394754	0,067466	4,84	3,929219	0,354970

### 7.3 Plátno 2x2 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Dalším měřeným vorkem byl také vzorek 2x2 cm, plátnové vazby, dostavy útku 16 niží/cm.



Graf 5 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 16, 2x2 cm, směr osnovy



Graf 6 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 16, 2x2 cm, směr osnovy



Graf 5 znázorňuje křivku třecího odporu a její kolísání. Efekt je stejný jako na předešlých dvou grafech, na grafu 1 a grafu 3.

Graf 6 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel třecí síly, efekt je opět stejný jako u předešlých dvou grafů, grafu 2 a grafu 4

### 7.3.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 2x2, P Dú 16 nití/cm

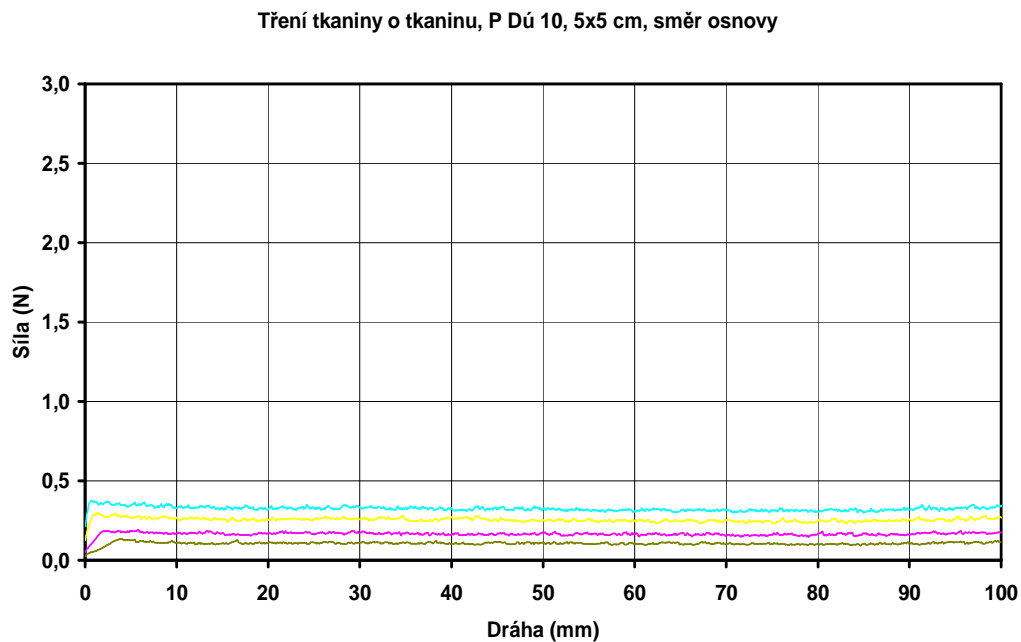
	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,012747	0,001772	13,90	0,008162	1,561729
2	0,012622	0,001661	13,16	0,013067	0,965929
3	0,017901	0,001989	11,11	0,017972	0,996071
4	0,028286	0,003040	10,75	0,027782	1,018151
5	0,048214	0,002970	6,16	0,057212	0,842723
6	0,074888	0,003734	4,99	0,106262	0,704751
7	0,132470	0,005620	4,24	0,204362	0,648215
8	0,261105	0,010230	3,92	0,498662	0,523612
9	0,455395	0,017563	3,86	0,989162	0,460384
10	0,835191	0,030149	3,61	1,964276	0,425190
11	1,519783	0,092542	6,09	3,929219	0,386790

U vzorků o velikosti 2x2 cm, plátňové vazby, nebyli patrní velké rozdíly v křivkách třecího odporu ani v grafech závislosti normálového zatížení na součinitel tření. Jen u vzorku plátňové vazby dostavy útku 10 nití/cm je vidět větší kolísání třecí síly než u dalších dvou.

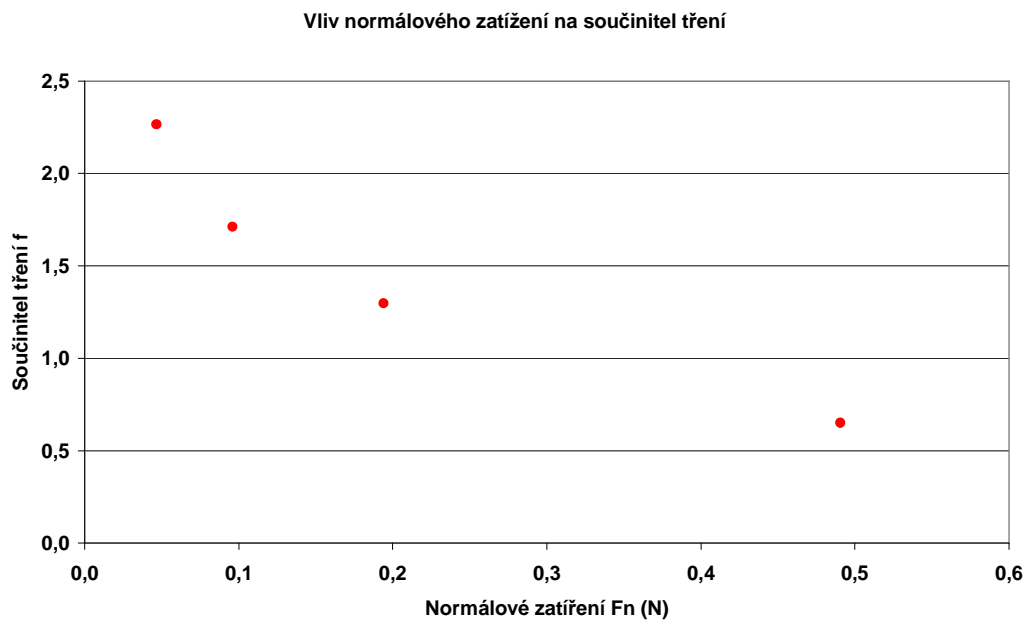
Na grafech závislosti normálového zatížení na součinitel tření je patrný rozdíl velikosti součinitele tření  $f$ . U vzorků s řidší dostavou je, při téměř nulovém zatížení, velikost součinitele tření  $f$  větší než vzorků s hustší dostavou.

#### 7.4 Plátno 5x5 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Při zpracování hodnot dalšího vzorku došlo k nedopatření a některé hodnoty se mi vytratily proto vám mohu nabídnout graf pouze se čtyřmi křivkami.



Graf 7 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 10, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 8 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 10, 5x5 cm, směr osnovy

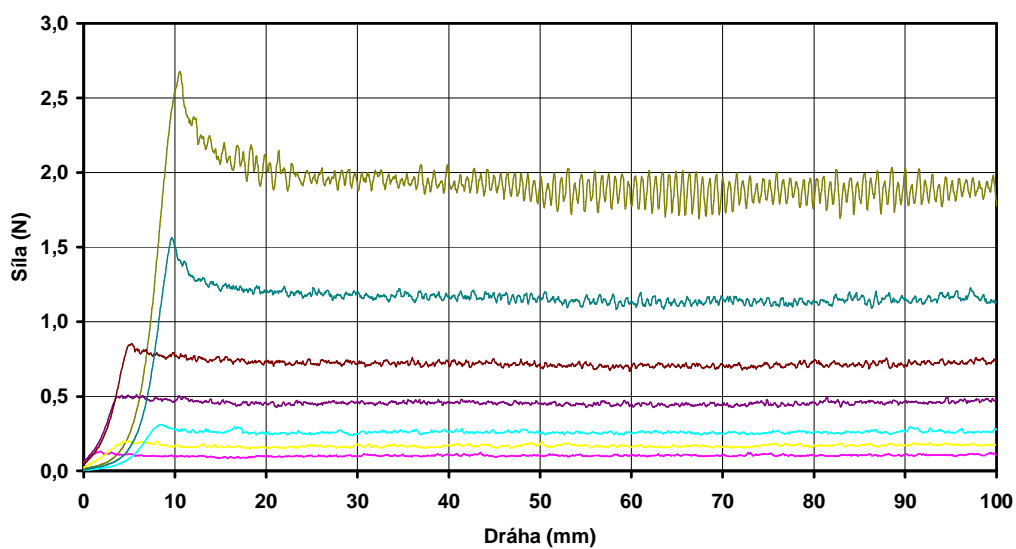
Graf 7 znázorňuje křivku třecí síly, jelikož máme k dispozici pouze tři měření, nelze výsledky tak dobře porovnávat s ostatními vzorky. Graf 8 znázorňuje vliv normálového zatížení na velikost součinitele třecí síly.

**7.4.1** Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 10 nití na cm.

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,105624	0,005204	4,93	0,046617	2,265779
2	0,164397	0,006344	3,86	0,096069	1,711233
3	0,251755	0,009132	3,63	0,194022	1,297557
4	0,319589	0,008979	2,81	0,490578	0,651454

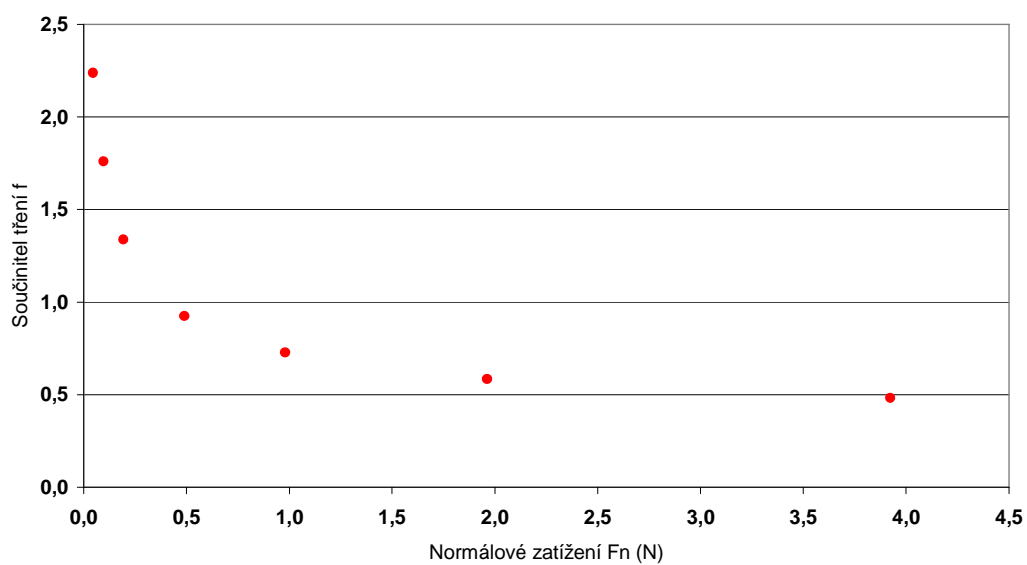
## 7.5 Plátno 5x5 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 9 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 10 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 9 můžeme sledovat stejný efekt jako u vzorků 2x2, křivky kopírují vazbu a dostavu tkaniny, s rozdílem vyšších hodnot.

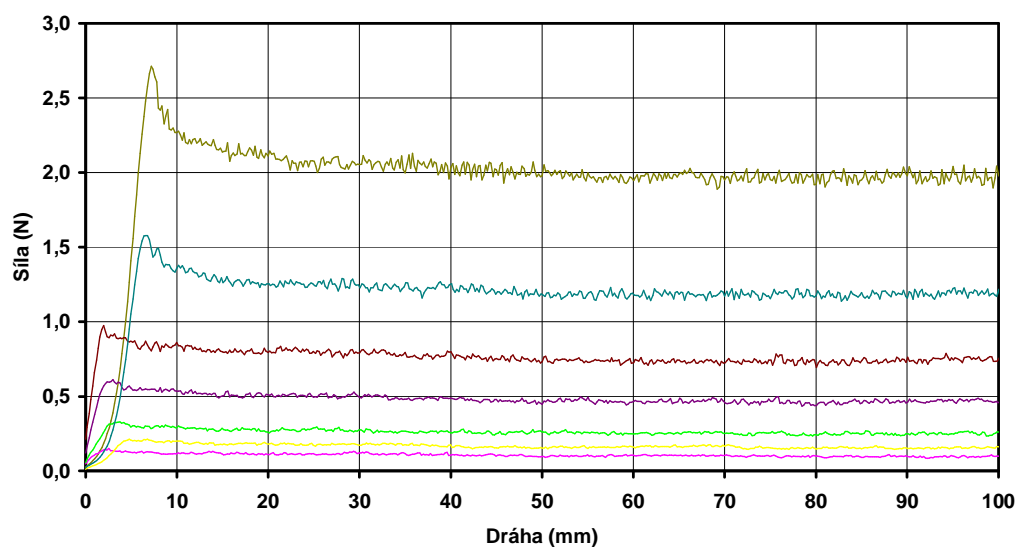
Na Grafu 10 můžeme sledovat stejný vliv normálové síly na součinitel tření jako u grafů 2x2. Čím větší zatížení tím menší je součinitel tření  $f$ .

#### 7.5.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 13 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,1043336	0,005226	5,01	0,046617	2,238150
2	0,169142	0,007362	4,35	0,096069	1,760628
3	0,259470	0,008336	3,21	0,194022	1,337321
4	0,453867	0,011681	2,57	0,490578	0,925167
5	0,713783	0,015119	2,12	0,981078	0,727549
6	1,149140	0,024867	2,16	1,962078	0,585675
7	1,892723	0,073238	3,87	3,922705	0,482504

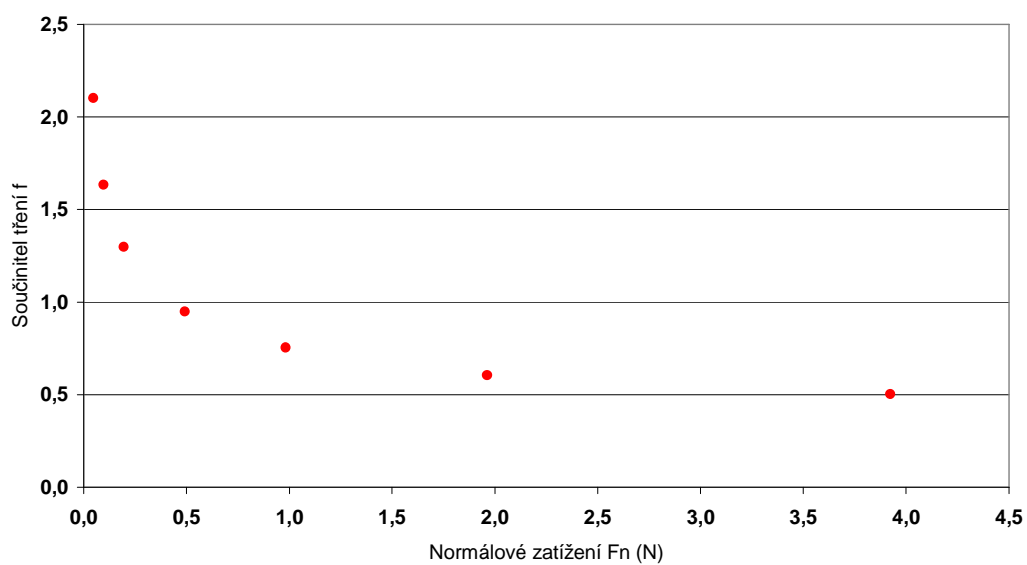
## 7.6 Plátno 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 11 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 12 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy

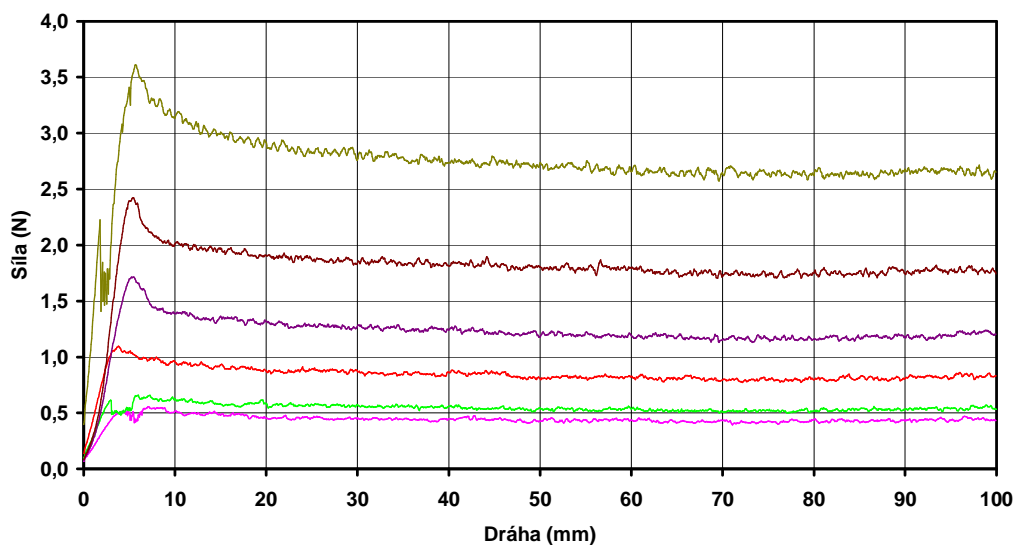
Na grafu 11 pozorujeme menší kolísání křivek třecí síly než u předešlého grafu, domnívám se, že je to zapříčiněno tím, že tento graf byl vytvořen z menšího počtu naměřených hodnot než předešlý graf, ale může to být i nějaká anomálie. Graf 12 má stejný průběh jako předešlé grafy, mění se pouze hodnoty.

#### 7.6.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, P Dú 16 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,099461	0,005604	5,63	0,047304	2,102590
2	0,158007	0,006750	4,27	0,096756	1,633041
3	0,252727	0,008457	3,35	0,194709	1,297974
4	0,466359	0,011478	2,46	0,491265	0,949301
5	0,740895	0,016916	2,28	0,981765	0,754656
6	1,187586	0,021703	1,83	1,962765	0,605057
7	1,976826	0,035342	1,79	3,923392	0,503856

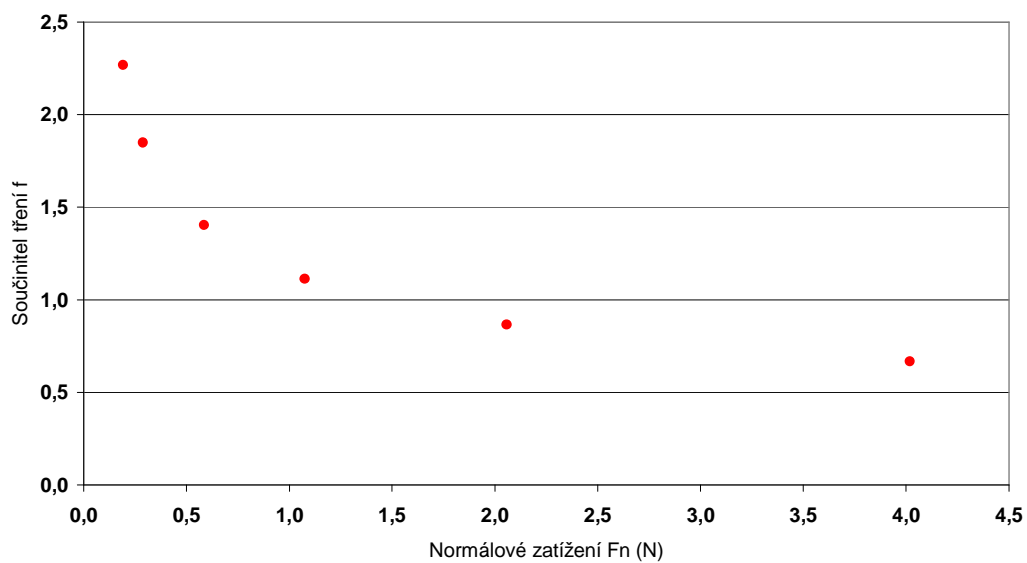
## 7.7 Plátno 10x10 cm, Dú 10 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 10, 10x10 cm, směr osnovy



Graf 13 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 10, 10x10 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 14 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 10, 10x10 cm, směr osnovy



Na grafu 13 můžeme sledovat křivku třecí síly, na grafu jsou patrné menší výkyvy třecích sil než u vzorků o menší velikosti, křivka opět znázorňuje vazbu a dostavu útku.

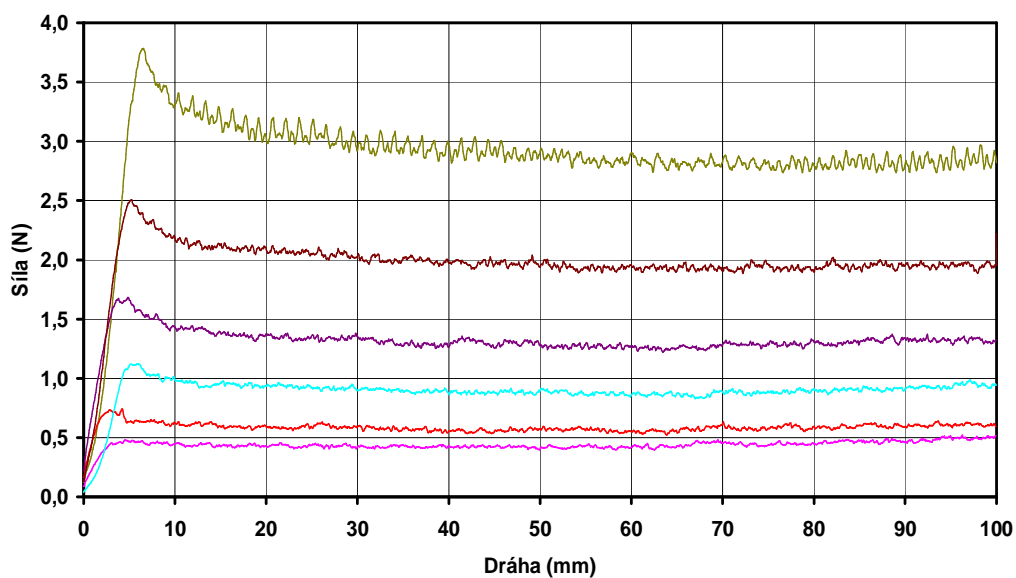
Graf 14 má opět podobný průběh jako předešlé grafy.

**7.7.1** Výsledky naměřených hodnot vzorku 10x10, P Dú 10 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,433201	0,012859	2,97	0,190952	2,268643
2	0,533971	0,015220	2,85	0,288905	1,848263
3	0,821628	0,022878	2,78	0,585461	1,403387
4	1,198215	0,033221	2,77	1,075961	1,113623
5	1,783113	0,040256	2,26	2,056961	0,866868
6	2,683419	0,054930	2,05	4,017587	0,667918

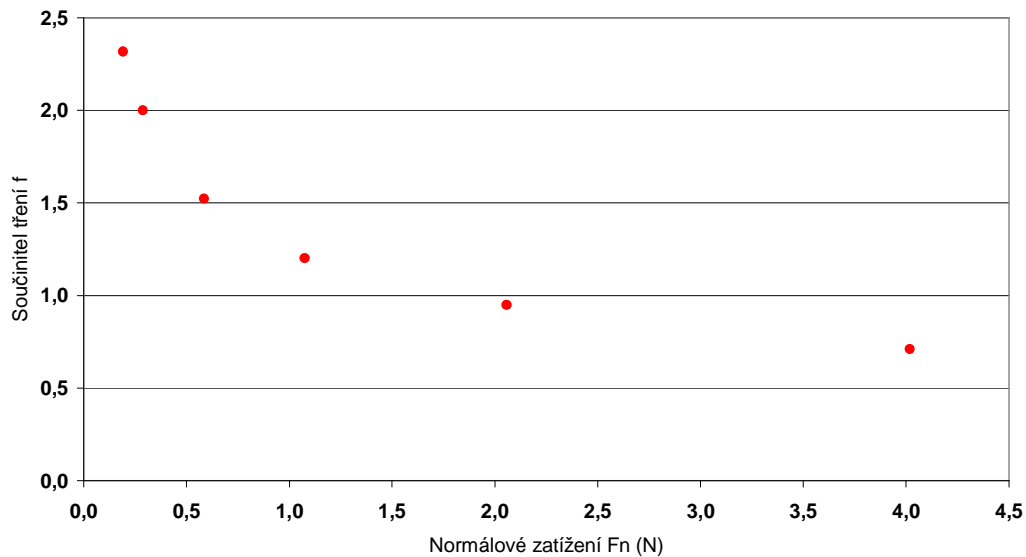
## 7.8 Plátno 10x10 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 10x10 cm, směr osnovy



Graf 15 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 13, 10x10 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 16 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 13, 10x10 cm, směr osnovy

Na grafu 15 sledujeme o něco větší výkyvy třecí síly než u předešlého vzorku stejné velikosti, ale stále jsou o mnoho menší než u vzorků menších velikostí. Zřejmě při větších velikostech vzorků tkanina nekopíruje povrch podkladové tkaniny tak dobře jako menší vzorky tkanin.

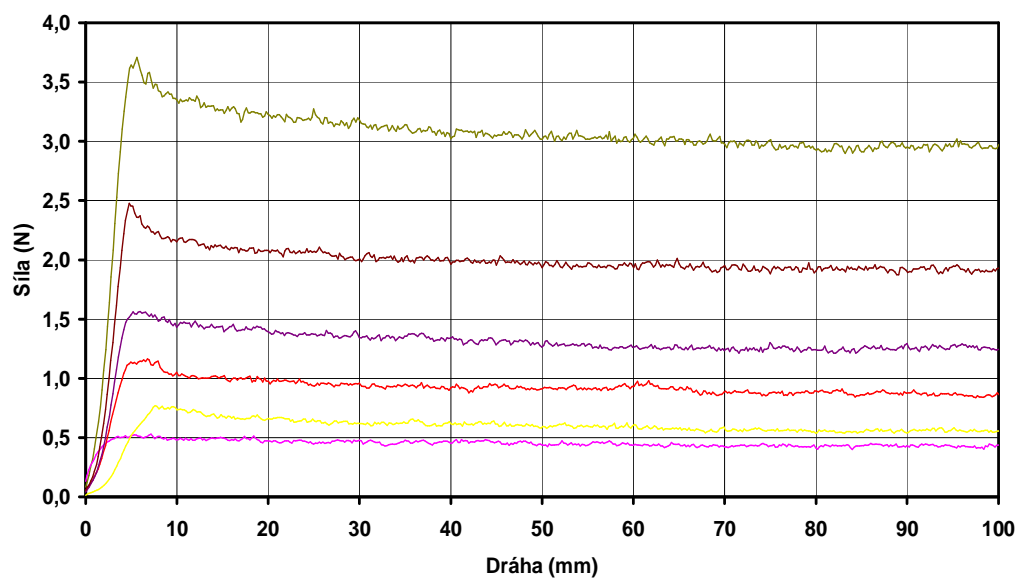
Graf 16 má opět stejný vývoj jako předešlé grafy závislosti normálového zatížení na součinitel tření.

#### 7.8.1 Výsledky naměřených hodnot vzorku 10x10, P Dú 13 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,442579	0,026987	6,10	0,190952	2,31757
2	0,577543	0,021828	3,78	0,288905	1,999079
3	0,891610	0,026386	2,96	0,585461	1,522920
4	1,292763	0,027707	2,14	1,075961	1,201496
5	1,953130	0,032443	1,66	2,056961	0,949522
6	2,854831	0,066710	2,34	4,017587	0,710583

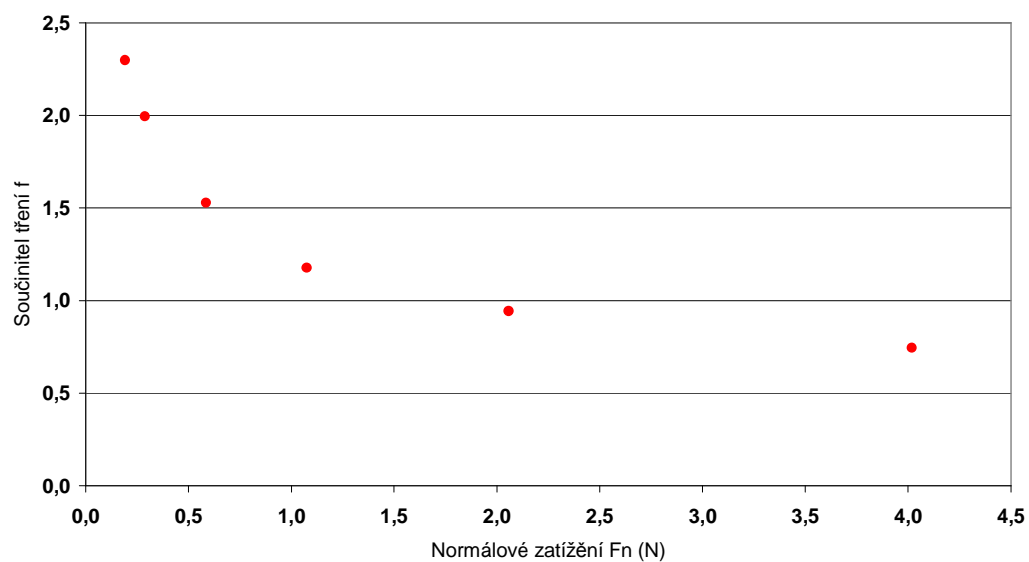
### 7.9 Plátno 10x10 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 16, 10x10 cm, směr osnovy



Graf 17 Tření tkaniny o tkaninu, P Dú 16, 10x10 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 18 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, P Dú 16, 10x10 cm, směr osnovy

Na grafu 17 sledujeme nepatrné výkyvy třecí síly. Z křivek není tak docela patrná struktura povrchu tkaniny jako tomu bylo u vzorků menších velikostí.

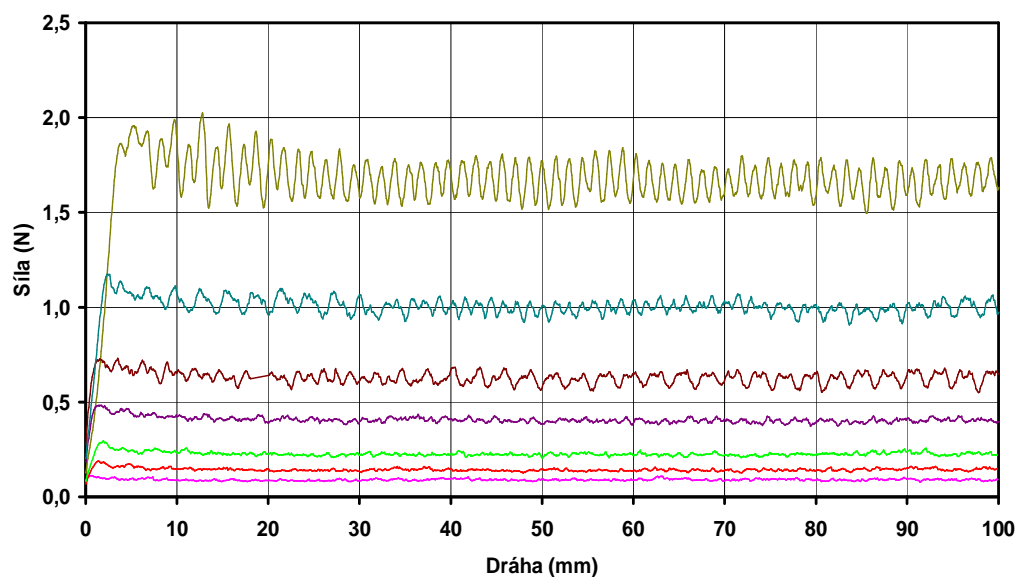
Graf 18 má opět stejný vývoj jako předešlé grafy.

#### 7.9.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 10x10, P Dů 16 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,438688	0,015663	3,57	0,190952	2,297375
2	0,576063	0,023965	4,16	0,288905	1,993955
3	0,894589	0,028837	3,22	0,585461	1,528008
4	1,266809	0,028400	2,24	1,075961	1,177375
5	1,942138	0,030160	1,55	2,056961	0,944178
6	2,996727	0,047752	1,59	4,017587	0,745902

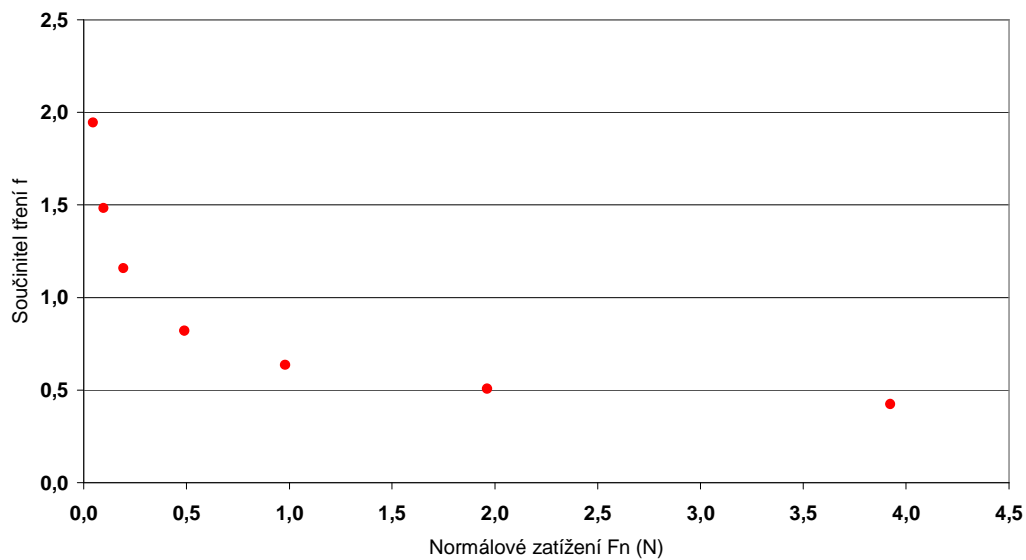
## 7.10 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 13 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 19 Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 20 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R2 (-) Dú 13, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 19 můžeme sledovat vlny křivek třecí síly, jsou zde vidět delší vlny vlivem dvou vazné rypsové vazby. Jsou zde patrné veliké výkyvy třecí síly. Křivka má pěkný pravidelný tvar.

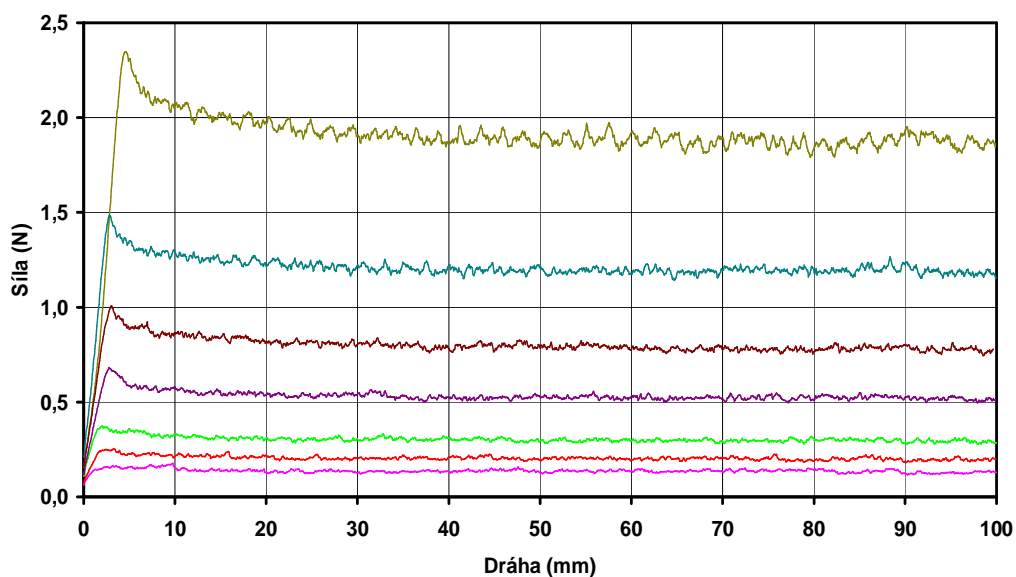
Graf 20 zobrazuje vliv normálového zatížení na součinitel tření  $f$ .

**7.10.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 13 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,090374	0,004505	4,98	0,046450	1,945615
2	0,142154	0,006074	4,27	0,095903	1,482278
3	0,224756	0,007577	3,37	0,193855	1,159400
4	0,402308	0,010396	2,58	0,490412	0,820348
5	0,623662	0,029378	4,71	0,980912	0,635798
6	0,995981	0,030767	3,09	1,961912	0,507658
7	1,665808	0,076452	4,59	3,922538	0,424676

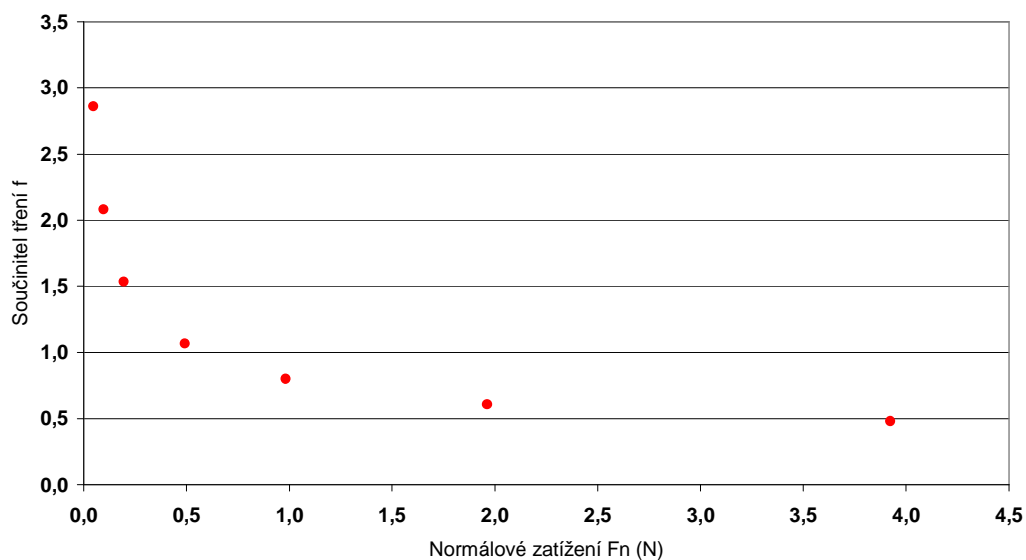
### 7.11 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 21 Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 22 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R2 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy



Na grafu 21 jsou, vlivem hustší dostavy, vidět kratší výkyvy třecí síly. Je ze patrná určitá pravidelnost, ale není to tak zřetelné jako u předešlého vzorku.

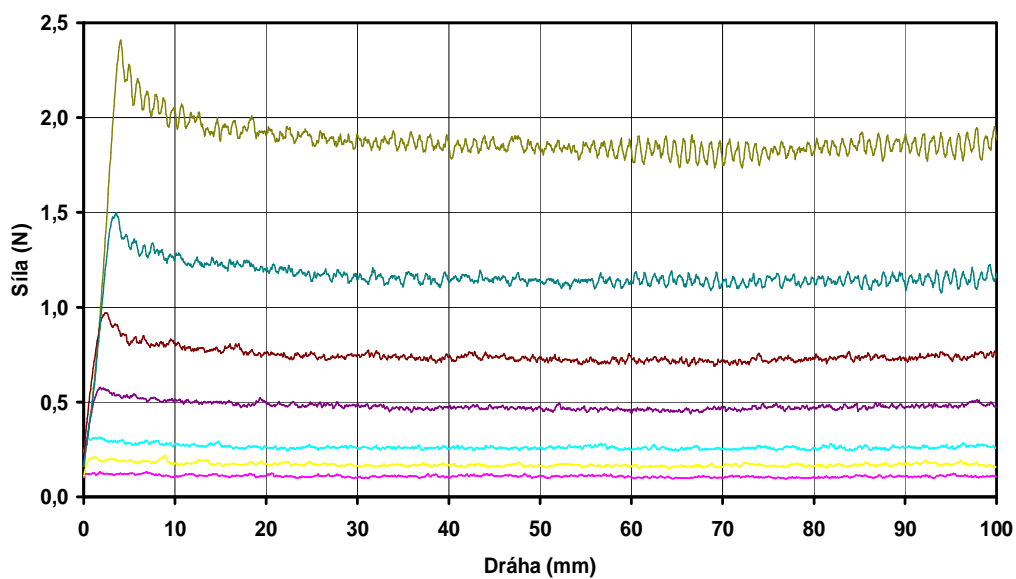
Graf 22 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel tření  $f$ . Graf má stejný průběh jako předchozí grafy.

**7.11.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 16 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,134904	0,006856	5,08	0,047166	2,860173
2	0,201039	0,007447	3,70	0,096619	2,080745
3	0,298861	0,008385	2,81	0,194572	1,535995
4	0,523546	0,010595	2,02	0,491128	1,066008
5	0,786766	0,014469	1,84	0,981628	0,801491
6	1,194111	0,017241	1,44	1,962628	0,608425
7	1,881323	0,031153	1,66	3,923254	0,479531

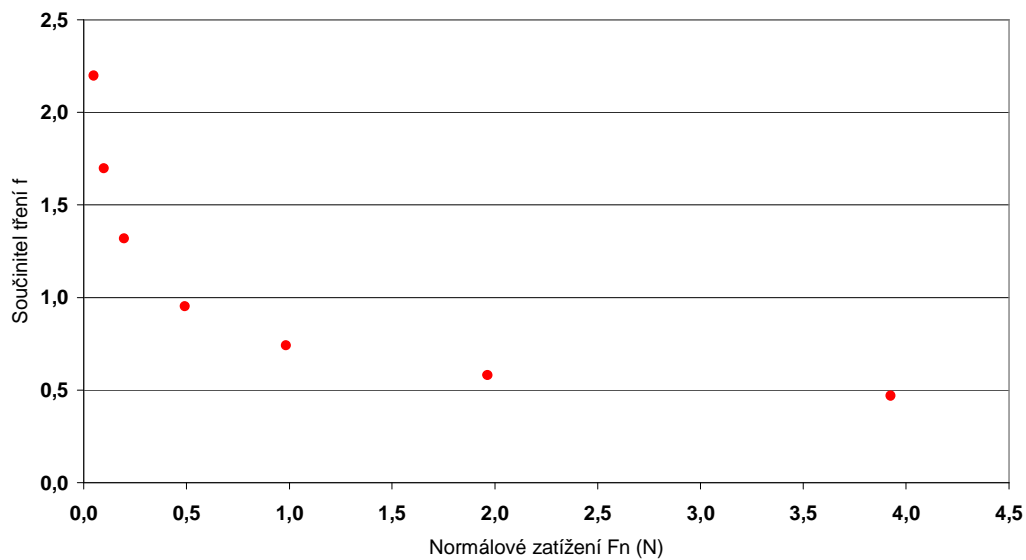
### 7.12 Ryps 2 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 23 Tření tkaniny o tkaninu, R2 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 24 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R2 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 23 jsou, vlivem hustší dostavy, vidět větší výkyvy třecí síly než u vzorku R2 Dú 16 nití/cm, ale není to tak velké jako u R2 Dú 13 nití/cm. Opět je ze patrná určitá pravidelnost, ale není to tak zřetelné jako u R2 Dú 13 nití/cm.

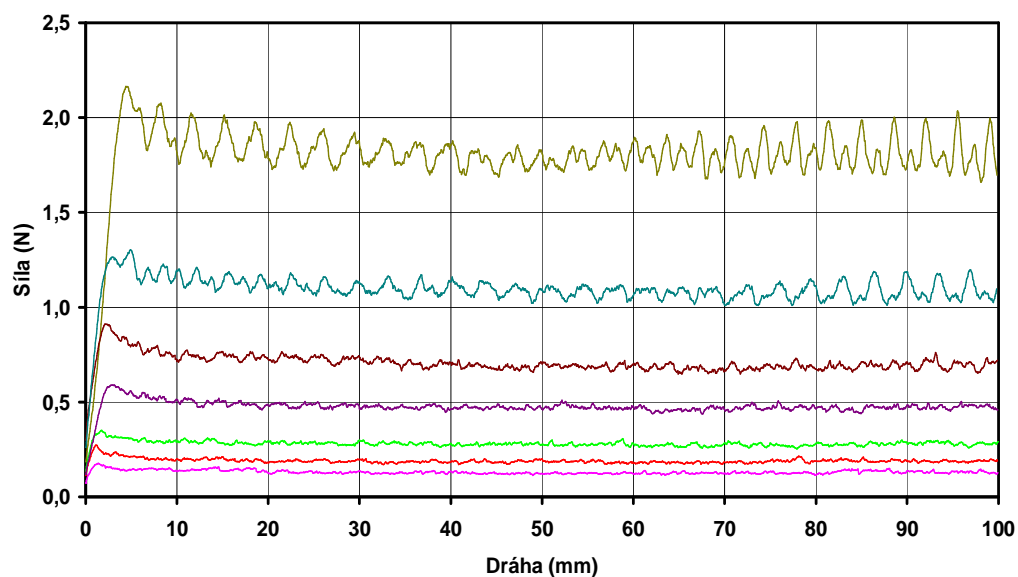
Graf 24 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel tření  $f$ . Graf má stejný průběh jako předešlé grafy.

**7.12.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R2 (-) Dú 19 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,106863	0,005159	4,83	0,048599	2,198881
2	0,166538	0,006589	3,96	0,098051	1,698485
3	0,258644	0,007249	2,80	0,196004	1,319587
4	0,469606	0,011333	2,41	0,492560	0,953399
5	0,729324	0,015135	2,08	0,983060	0,741891
6	1,142872	0,022342	1,95	1,964060	0,581893
7	1,844363	0,038073	2,06	3,924687	0,469939

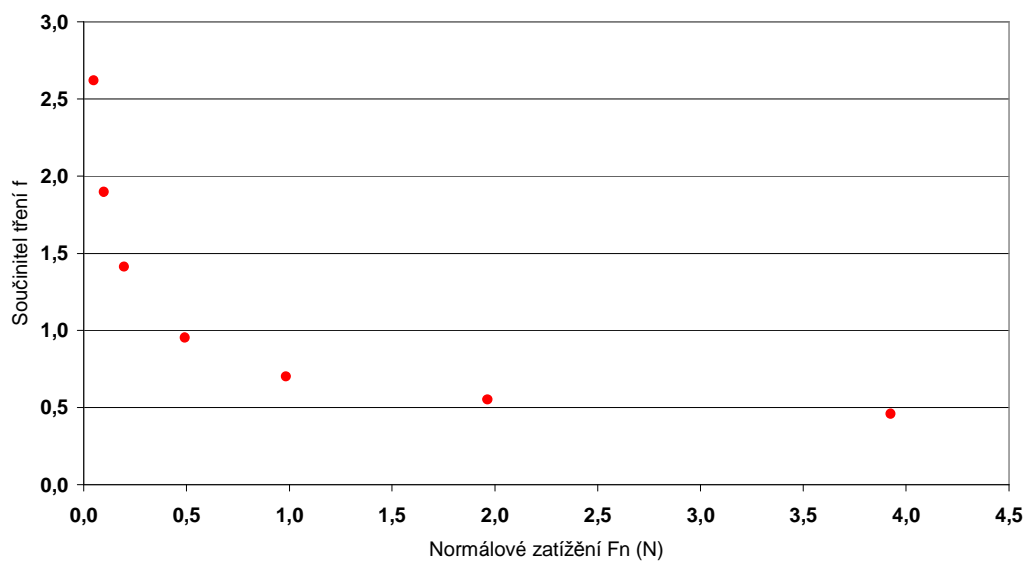
### 7.13 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 16 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 25 Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 26 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R3 (-) Dú 16, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 25 sledujeme veliké výkyvy třecí síly, je zde vidět určitá pravidelnost, však není to tak patrné jako ji některých předešlých vzorků. Vlny křivky třecí síly se prodloužili oproti předešlému vorku, je to příčinou flotujících osnovních nití, které leží přes tři útky

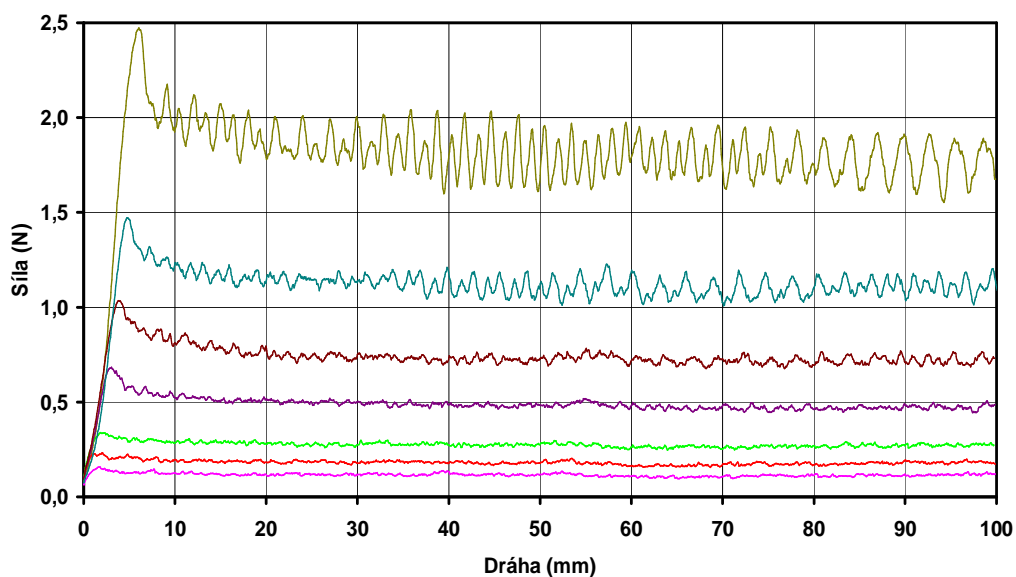
Graf 26 má stejný průběh jako předešlé grafy.

#### 7.13.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R3 (-) Dú 16 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,127282	0,006130	4,82	0,048599	2,619040
2	0,185982	0,006741	3,62	0,098051	1,896791
3	0,277086	0,008464	3,05	0,196004	1,413675
4	0,469736	0,011040	2,35	0,492560	0,953663
5	0,689939	0,017893	2,59	0,983060	0,701828
6	1,083597	0,037502	3,46	1,964060	0,551712
7	1,801461	0,067900	3,77	3,924687	0,459007

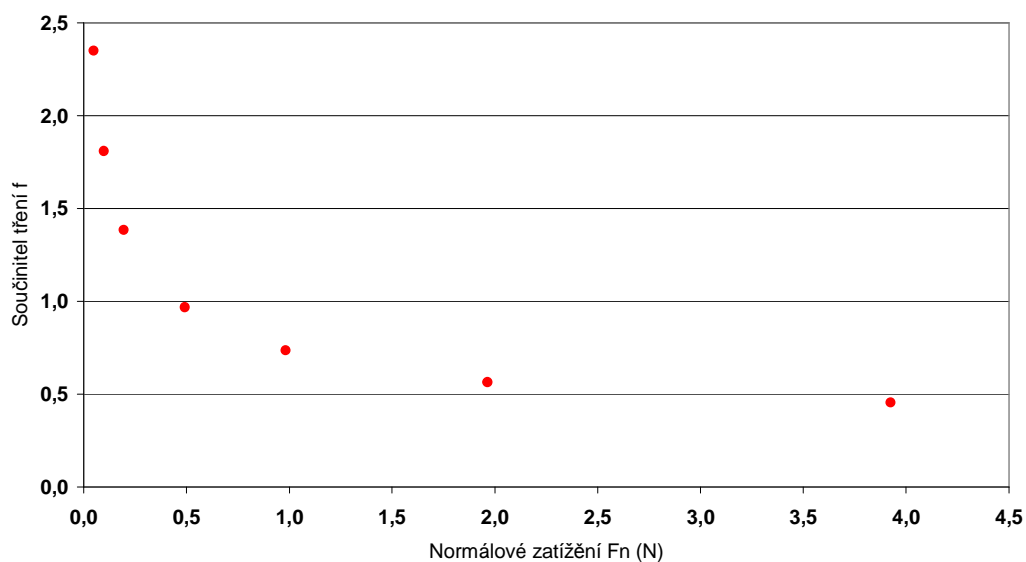
### 7.14 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 27 Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 28 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R3 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 27 sledujeme velké výkyvy křivky třecí síly, opět jsou zde vidět delší vlny křivky třecí síly. Výkyvy jsou větší než u předešlého grafu, však délka vlny je kratší.

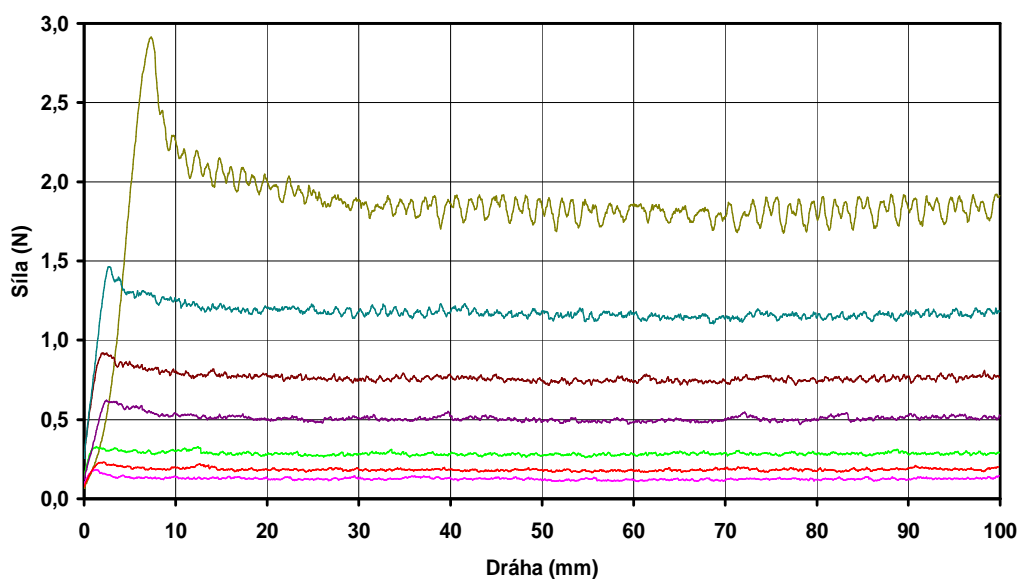
Graf 28 má stejný průběh jako předešlé grafy.

**7.14.1** Výsledky naměřených hodnot vzorku 5x5, R3 (-) Dů 19 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,113623	0,007069	6,22	0,048344	2,350327
2	0,176871	0,008543	4,83	0,097796	1,808575
3	0,270972	0,009261	3,42	0,195749	1,384285
4	0,476761	0,013671	2,87	0,492305	0,968425
5	0,723553	0,019271	2,66	0,982805	0,736212
6	1,106885	0,045584	4,12	1,963805	0,563643
7	1,788105	0,102810	5,75	3,924432	0,455634

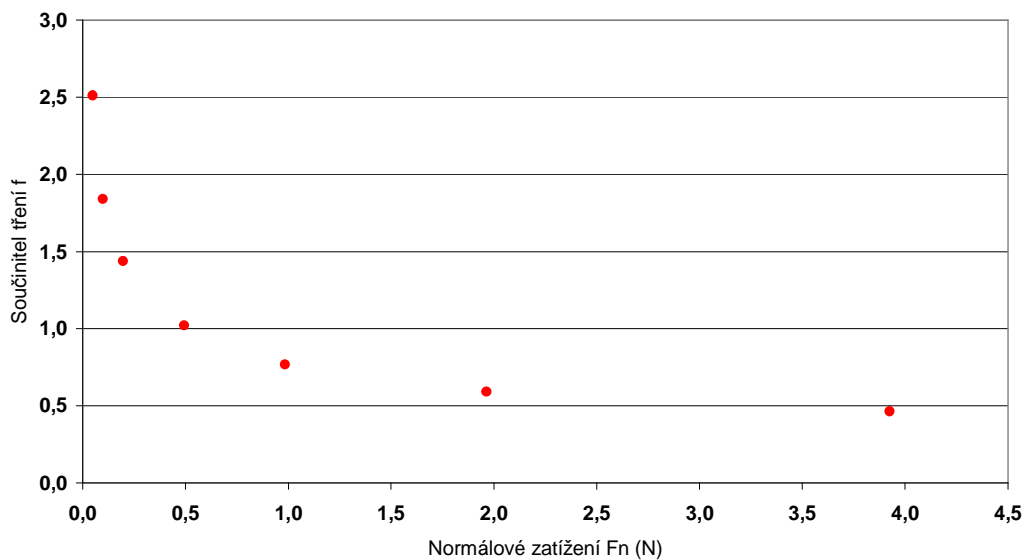
### 7.15 Ryps 3 (-) 5x5 cm, Dú 22 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 29 Tření tkaniny o tkaninu, R3 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 30 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R3 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy



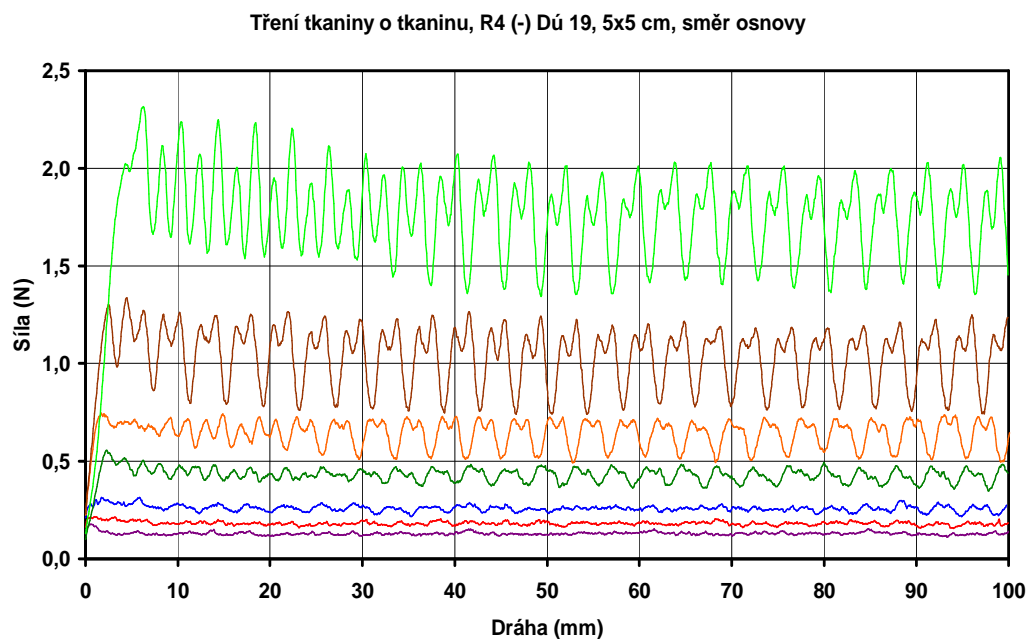
Na grafu 29 sledujeme velmi pravidelnou křivku třecí síly, výkyvy vlny křivky třecí síly nejsou tak veliké. Délka vlny se opět zkrátila vlivem hustší dostavy.

Graf 30 má stejný průběh jako předešlé grafy.

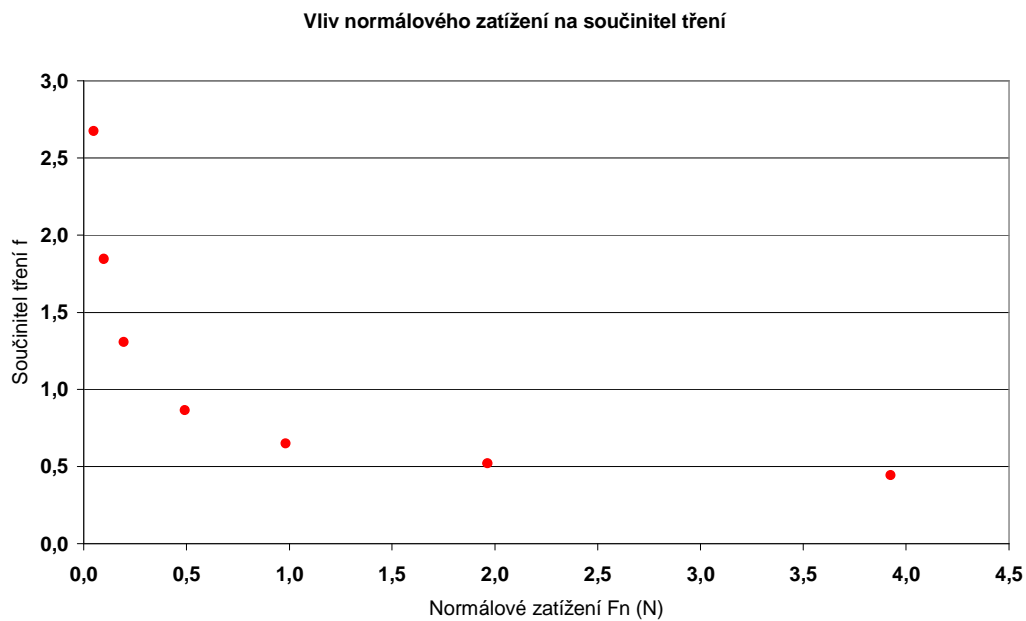
**7.15.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R3 (-) Dú 22 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,123679	0,006261	5,06	0,049236	2,511934
2	0,181754	0,006920	3,81	0,098689	1,841692
3	0,282800	0,007542	2,67	0,196641	1,438148
4	0,503329	0,013953	2,77	0,493198	1,020542
5	0,754329	0,014677	1,95	0,983698	0,766830
6	1,162030	0,020828	1,79	1,964698	0,591455
7	1,822349	0,054591	3,00	3,925324	0,464254

### 7.16 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 19 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy



Graf 31 Tření tkaniny o tkaninu, R4 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 32 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R4 (-) Dú 19, 5x5 cm, směr osnovy

Z grafu 31 je velice dobře patrný reliéf povrchu zkoušeného vzorku tkaniny. Vlny jsou veliké a dlouhé.

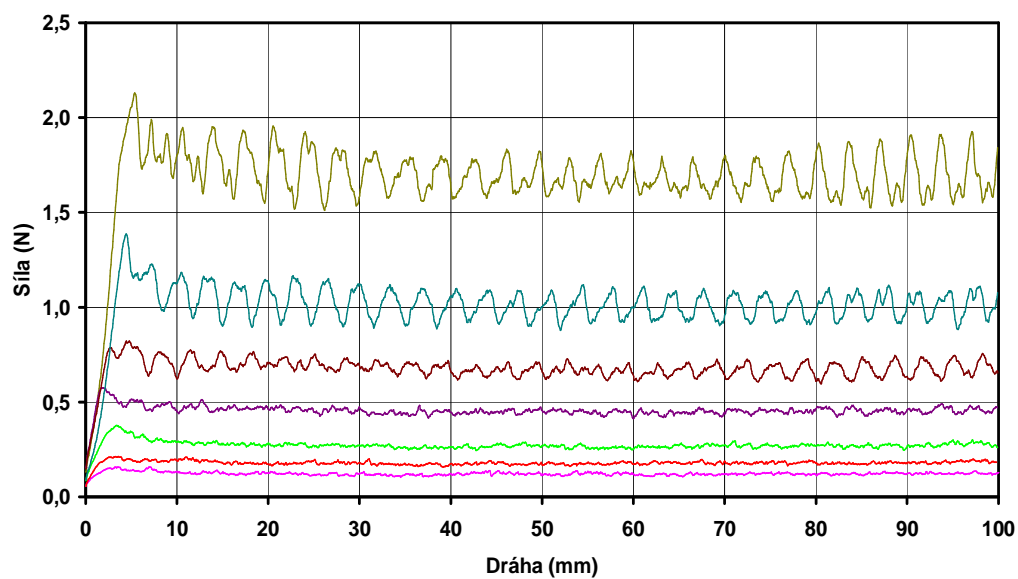
Graf 32 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel třecí síly. Průběh grafu je podobný jako u předešlých grafů.

**7.16.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 19 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,129675	0,006281	4,84	0,048481	2,674758
2	0,180717	0,008489	4,70	0,097933	1,845312
3	0,255761	0,013317	5,21	0,195886	1,305664
4	0,425606	0,031991	7,52	0,492442	0,864275
5	0,637981	0,070068	10,98	0,982942	0,649053
6	1,023745	0,142592	13,93	1,963942	0,521270
7	1,741462	0,190958	10,97	3,924569	0,443733

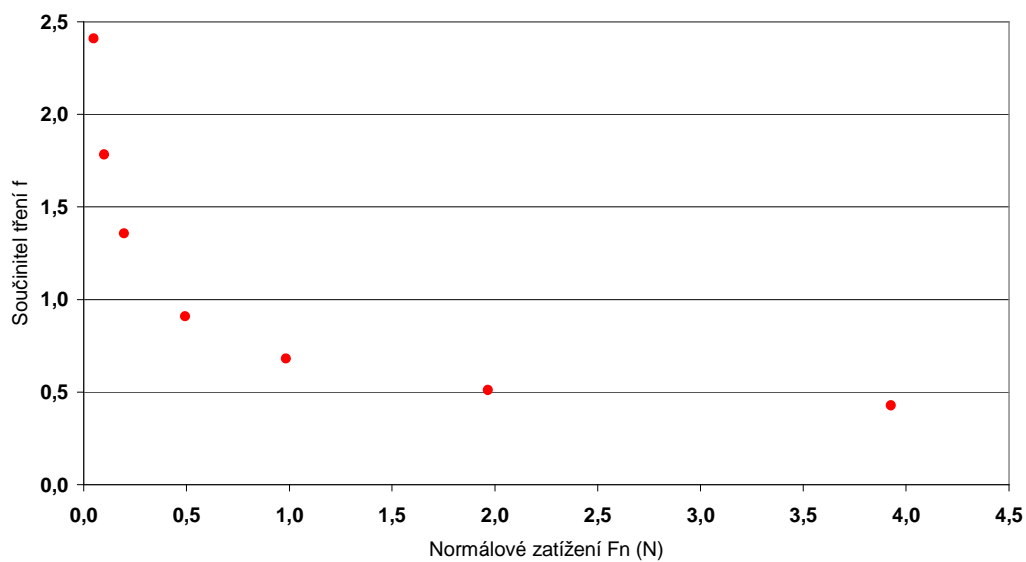
### 7.17 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 22 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R4 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 33 Tření tkaniny o tkaninu, R4 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 34 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R4 (-) Dú 22, 5x5 cm, směr osnovy

Z grafu 33 je velice dobře patrný reliéf povrchu zkoušeného vzorku tkaniny, podobně jako u předešlého vzorku. Vlny jsou však menší a délka vlny kratší.

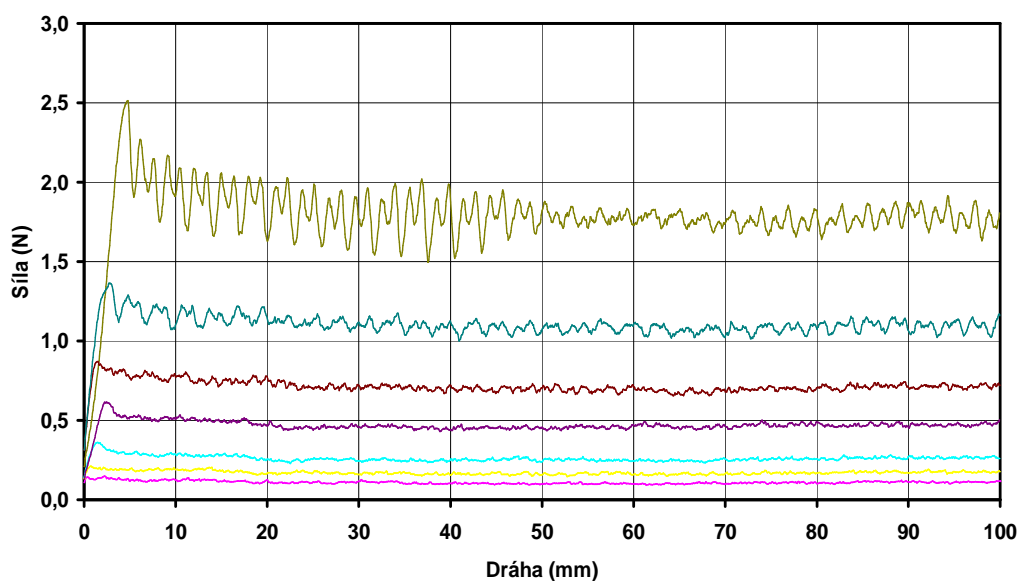
Graf 34 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel třecí síly. Průběh grafu je podobný jako u předešlých grafů.

**7.17.1** Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 22 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,120357	0,006050	5,03	0,049953	2,409429
2	0,177241	0,007057	3,98	0,099405	1,783022
3	0,267793	0,009338	3,49	0,197358	1,356893
4	0,449580	0,012782	2,84	0,493914	0,910239
5	0,669743	0,032118	4,80	0,984414	0,680347
6	1,005068	0,061155	6,08	1,965414	0,511378
7	1,682947	0,085184	5,06	3,926040	0,428663

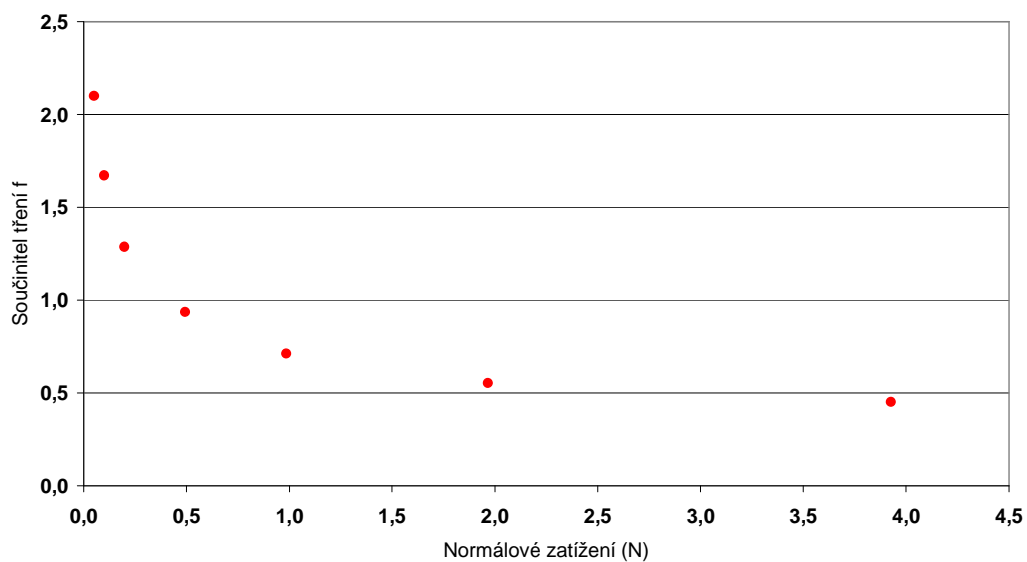
### 7.18 Ryps 4 (-) 5x5 cm, Dú 25 nití/cm, třené z lící strany ve směru osnovy

Tření tkaniny o tkaninu, R4 (-) Dú 25, 5x5 cm, směr osnovy



Graf 35 Tření tkaniny o tkaninu, R4 (-) Dú 25, 5x5 cm, směr osnovy

Vliv normálového zatížení na součinitel tření



Graf 36 Vliv normálového zatížení na součinitel tření, R4 (-) Dú 25, 5x5 cm, směr osnovy

Na grafu 35 můžeme sledovat na dráze mezi desátým až čtyřicátým centimetrem, křivky největšího zatížení, velmi patrný reliéf zkoušeného vzorku. V další části této křivky se objevuje určitá abnormalita U téhož vzorku s menším zatížením se tato abnormalita neobjevila.

Graf 36 znázorňuje vliv normálového zatížení na součinitel třecí síly. Průběh grafu je podobný jako u předešlých grafů.

#### 7.18.1 Výsledky naměřených hodnot vrzotu 5x5, R4 (-) Dú 25 nití/cm

	Průměr	Směr-Odch-výběr	CV (%)	$F_n$ (normálová síla)	Součinitel tření $f$
1	0,105668	0,005834	5,52	0,050335	2,099284
2	0,166734	0,008030	4,82	0,099787	1,670893
3	0,254376	0,009329	3,67	0,197740	1,286414
4	0,462805	0,012340	2,67	0,494296	0,936290
5	0,700708	0,016500	2,35	0,984796	0,711526
6	1,085355	0,030276	2,79	1,965796	0,552120
7	1,772865	0,075075	4,23	3,926423	0,451522

## 7.19 Pokus

Jelikož byli v minulosti problémy se zkoumáním vzorků 2x2 cm při minimálním zatížení, kvůli nestabilitě vzorku při třecí zkoušce, pokusil jsem se řešit tento problém.

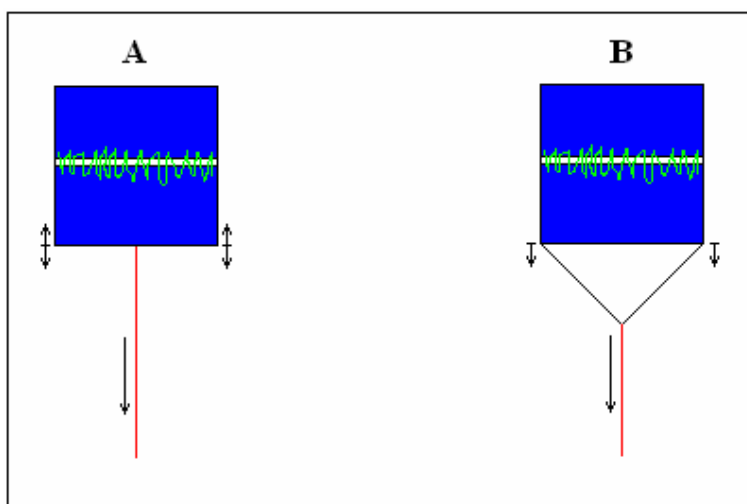
Zkoušený vzorek čtvercového tvaru má jednu tažnou, která vede od prostředku přední hrany vzorku, vzorek je tedy držen jen v jednom místě. Při posouvání vzorku po podkladové tkanině tak dochází k vibrování vzorku a třecí zkouška není tak přesná.

Podle mého mínění by měl být vzorek držen ve dvou bodech, aby nedocházelo k vibracím.

Pokusil jsem se tedy tento problém vyřešit uchycením vzorku dvěma nitěmi, které byly přivázány k jedné niti tažné. Pokus se však nezdařil, jelikož se uzlíky nití, kterými byly nitě přivázány k niti tažné, neustále povolovaly.

Muselo by se nalézt takové řešení, aby při něm byl vzorek držen ve dvou bodech, uchycení bylo stabilní a bylo z takového materiálu, který by měl zanedbatelnou hmotnost. Za takovýchto podmínek se domnívám, že by výsledky třecí zkoušky byly co nejpřesnější.

**Obr. 9 vzorky**



Vzorek A držen jednou tažnou nití při tažení po tkanině vibroval, jak je vyznačeno na obrázku. Pohyb bočních hran je vyznačen šipkami. Vzorek B uchycen dvěma nitěmi po stranách neumožní vibrace bočních stran.



## 8. Závěr

Podle měření které byly provedeny jsem došel k závěru, že tření textilií ovlivňuje mnoho faktorů například adheze, výběr materiálu, finální úpravy, povrchové úpravy, jemnost příze z které je plošná textilie vyrobena, vazba, dostava útku i osnovy a mnoho dalších faktorů.

Svou bakalářskou prací jsem chtěl nastínit, jaký vliv může mít volba vazby a změna dostavy stejné vazby na změnu třecí síly. Při experimentu který jsem prováděl jsem třel tkaninu o tkaninu. Tkanina o kterou byl vzorek třen měla vždy stejné parametry jako zkoušený vzorek.

Tento experiment jsem prováděl na přístroji Instron 4411, který je umístěn na katedře textilních technologií.

Po provedených měřeních byly potvrzeny předpoklady. Čím bude povrch tkaniny rozmanitější a čím bude tkanina řidší, tím se bude velikost třecí síly zvyšovat.

## 9. Literatura

- [Janča Strana 66 12.5.20081] Kovář, R.: *Struktura a vlastnosti plošných textilií*.  
TU v Liberci 2003.
- [2] Howell, H. G., Mieszkis, K. W., Tabor, D.: *Fiction in textiles*. Butterworths  
Scientific Publications 1959.
- [3] Kůs, Z., Kovář, R.: *Periodicity in textile fiction*. TU of Liberec 2003
- [4] Hrdinová Miroslava: *Třecí vlastnosti tkanin (bakalářská práce)*, TU Liberec,  
fakulta textilní, 2007
- [5] Farska Lea: *Zařízení pro měření koeficientu tření u textilií (diplomová práce)*,  
TU Liberec, fakulta textilní, 2004  
Oficiální stránka TU Liberec
- [6] [http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/zvt\\_p\\_6.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/zvt_p_6.pdf)  
Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Normal\\_force](http://en.wikipedia.org/wiki/Normal_force)  
Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [8] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/502199-normalova-sila>  
Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [9] <http://cs.wikipedia.org/>